قال صلى الله عليه وسلم " خير الناس أنفعهم للناس "

power system protection

قال أحد العلماء

" فإن العلم لما كان أجل الأشياء فإنه لم يحصل إلا بالتعب والسهر وإتيان ذهاب اللذات وعدم الراحة "

" كفى بالعلم شرفاً أن يدعيه من ليس بأهله
وكفى بالجهل عاراً أن يتبرأ منه من هو فيه "

آداب طالب العلم

① الإخلاص - النية " طلبنا العلم لغير الله فأبى الله إلا أن يكون له "
② الأدب ← علم بلا أدب كنار بلا حطب
③ أن ينظر إلى النفس بعين النقص وأن الناس هم أفضل منه
وأن يصبر على جفوة معلمه

وقال سفيان بن عيينة " من جهل أقدار الرجال فهو لنفسه أجهل "

④ الصبر على أذى الحساد:
تقابلني السفيه بكل قبح
فأرفض أن أكون له مجيبا
يزيد سفاهة وأزيد حلما
كعود زاده الإحراق طيبا

"من أدمن طرق الباب ولج" و "الهمة على قدر الهم"

سُئل أعرابي عن العاقل قال " الفطن المتغافل "

①

علي فرحات 2009

ا/ جبر محمد عبد السلام

chapter No. 1

Introduction To protective Relaying

من المعروف أن الشبكة الكهربية تحتوي على معدات وأجزاء كهربية

" Generators - motors - BusBar - Transmission line - - - - - - etc)

ولا ينبغي أن نترك جزء من المعدات والأجزاء بدون حماية (أي لا يوجد أي element في الشبكة الا وله حماية)

" Ther is no part in the net work without protection "

وذلك لتجنب حدوث تأثير لأي جزء في الشبكة أو خروجها من الشبكة "Blockaut"

أجهزة الحماية تعمل على حماية الشبكة الكهربية من حدوث الأعطال Fault ولكنها لا تمنع حدوثها والمقصود بأجهزة الحماية هي Relays التي يتم ضبطها على setting معين ومضبوطة لحماية المعدات الكهربية في الشبكة

what is Relaying ?

Relaying is the branch of Electric power system or Electric power engineering concerned with the principles of design and operation of equipment " which call protective Relays " which detect abnormal power system condition and initiate corrective action as quickly as possible inorder to return the power system to its normal state

الريليهات " Relays " فرع من هندسة القوى الكهربية والذي يهتم بالمبادئ والتصميم والتشغيل للمعدات والتي تعمل على التنبؤ المفاجئ والغير طبيعي في الشبكة الكهربية ثم تبدأ في تصنيف هذا الحدث على حسب معاييرها وبعد ذلك تبدأ بسرعة عالية على تصحيح هذا الوضع للعودة بالمنظومة الكهربية إلى حالتها الطبيعية " Normal state "

protection is responsible for

① Fault condition
② abnormal condition of operation " overload - overspeed - Heat - Harmonics - over voltage "

what do you mean By abnormal condition ?

حالة الـ abnormal هي حالة غير طبيعية تستطيع الشبكة العمل عندها لفترة أكبر من Fault condition أو يعني آخر هي حالة بين الـ normal وأقل من الـ s-c

كيف يتم إختيار جهاز الحماية المناسب لأي معده .

يتم إختيار جهاز الحماية على أساس العوامل الآتية

① Type of Equipment. نوع المعده المراد حمايتها

② Rating of Equipment & it's cost.
③ location of Equipment.
④ Degree of reliability and it's importance.
⑤ probable abnormal condition.

عند حدوث Fault في الشبكة الكهربية يستغرق وقت حتى يتم الإزالة نهائياً من الشبكة والعودة بها إلى الحالة الـ stable ويسمى هذا الزمن بزمن إزالة الـ Fault " Fault clearing Time "

فيجب تقليل هذا الزمن إلى أقل حد ممكن وذلك حتى :

① To Reduce damage & mechanical stress on the net work Equipment (G - Tr - T.L ----- etc)

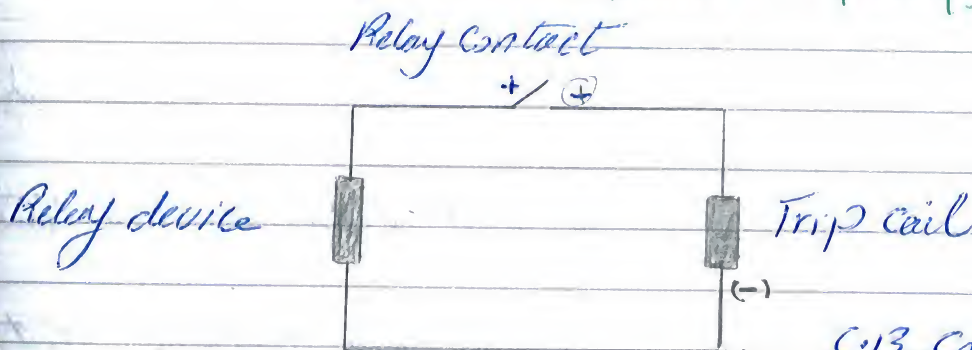
② To return By net work to it's stable state

ملاحظة: يجب على اجهزة الوقاية Relays أن تفرق بين حالات الشبكة المختلفة

1. normal or Healthy state
2. abnormal state
3. Faulty state

ويكون الريلاي مصمم للعمل عند حالتي (abnormal & Faulty)

فعندما تكون الشبكة في أي حالة منهم يحس جهاز الوقاية بها ويحدث وكنتاكت عليه classification ما تم بناء عليها تغيير its contact ويرسل إشارة proper Trip command إلى C.B mechanism والذي يتم التوصيل الخاصة به وبالتالي يتم ازالة الـ Fault.



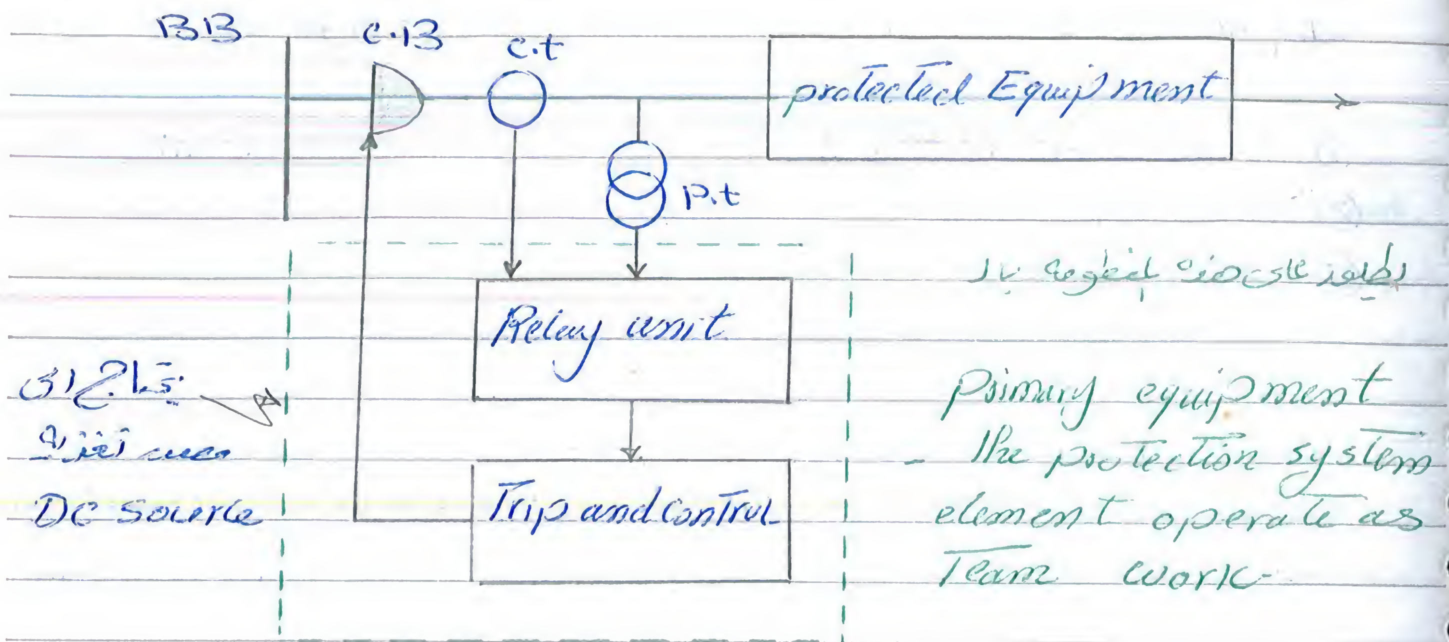
سيعرفون أن C.B Contact
مصمم لقطع التيار في الحالة normal بـ Faulty & abnormal

protection system consist of.

1. Relay unit "Relay" Time delay relay, Auxailry Relay.
2. Relay input source (C.t.s & p.t.s or v.t.s)
3. Trip and control circuit.
4. Dc source.

Each component is important, protective Relaying is a team work of these component.

أي لو أحد هذه العناصر فشل كل المنظومة تفشل. يعني أن لو الـ DC source
القطع تسبب ذلك في عدم غلق Contact "لا تفتح ولا تقفل"
أي إذا حدث عطل ليس معنى ذلك أن هذا العطل شايف الـ C.B ولكنه قد يكون شايف
أي جزئي في نظام الحماية وبالتالي لابد من اختبار جميع أجزاء الحماية



(*) The Function of protection system :- وظيفة أجهزة الوقاية

التمييز

① Discrimination between normal and abnormal condition

② Disconnect the equipment which start operation out of normal operation condition to protect it and protect the network.

③ Disconnect the faulty element from the network as quickly as possible فصل الجزء المعيب بالفصل بأسرع ما يمكن

⇐ لا عليه يجب حدوث Fault في أي شبكة وكلما علينا تقليل "no. of Faults"
فأجهزة الوقاية لا تمنع حدوث Fault وكلما تقلل من تأثير حدث ثم ذلك عند طريقه،

① Design of equipment and it's specification
المواصفات لابد أن يراعى فيها الدقة وكل الظروف المحيطة

② Training for staff (Trained personnels)

③ maintenance - protection system designe.

④ Adequate and reliable system & control.

Faults in power system net work-in ayear and it's causes

(1) over Head lines (30 → 40 %)

وحيث أنها معرضة للعوامل الجوية فإنها تتعرض لنوعين من الأعطال.

- Transient Fault. 75%
- permenant or sustained Fault 25%

Cause of Fault.

1. lightning strokes.
2. storms (عواصف), earthquakes (زلازل), icing.
3. Birds, Trees, kites, aeroplanes, snakes ect
4. internal over voltages.

(2) under ground Cables.

وحيث أنها غير معرضة للعوامل الجوية لأنها
مدفونة تحت الأرض فتكون أعطالها
(8 → 10 %) لـ سبب صعوبة الخطأ CF

Cause of Fault

1. Damage during digging (الحفر).
2. Insulation Failer due to Temprature rise.
3. Failure of joints.

(3) Aleternators (Generators) (6 → 8 %)

Causes of Fault:

1. stator Faults.
2. Rotor Faults.
3. Abnormal condition.
4. Faults in associated equipments.
5. Faults in protective system.

(4) Transformers. 10 → 12%

ⵗ Cause of Faults

* *

1. Insulation Failure.
2. Faults in Tap changer.
3. Faults in bushing.
4. Faults in protection circuit.
5. inadequate protection.
6. over load or over voltage.

(5) Transducer circuit (c.t & p.t) 15 → 20%

* *

ⵗ Causes of Fault.

1. over-voltage
2. insulation failure.
3. Breaking of conductors.
4. wrong connection.

(6) switch gear 10 → 12%

أسباب Cause of Faults.

1. Insulation Failure.
2. Mechanical defect.
3. leakage of air/oil/gas.
4. Inadequate Rating.
5. lack of maintenance.

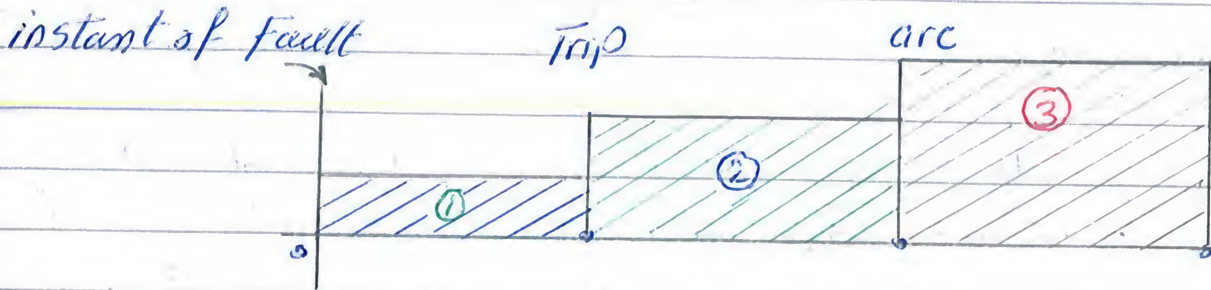
كما ذكرنا تحدث الأعطال في الشبكة الكهربية لأسباب عديدة كما ذكرنا وينتج عن العطل زيادة في التيار وانخفاض في الجهد فيجب ازالة ال Fault بأسرع وقت ممكن والا سوف تكون له آثار وتتسبب في أعطال أخرى Cascading Fault وبالتالي يؤثر على استقرار النظام

٢ Fault clearing Time " وبالتالي يجب تقليل زمن العطل

∴ Relaying and Fault clearing time.

زمن إزالة العطل :

هو الفترة الزمنية من لحظة حدوث الـ Fault إلى لحظة إطفاء الشرارة في circuit Breaker.



① Relay operation time — هو الزمن الذي يأخذه الريلاي حتى يشعر بالعطل ويغلق it's contact أي يعطي إشارة Trip إلى circuit Breaker mechanisem

② circuit Breaker operation time — هو الزمن الذي يأخذه الـ moving contact حتى يفتح

③ Arc extinction time — الزمن اللازم لإطفاء الـ arc المتولد بين الـ contact الـ C.B لحظة الفتح

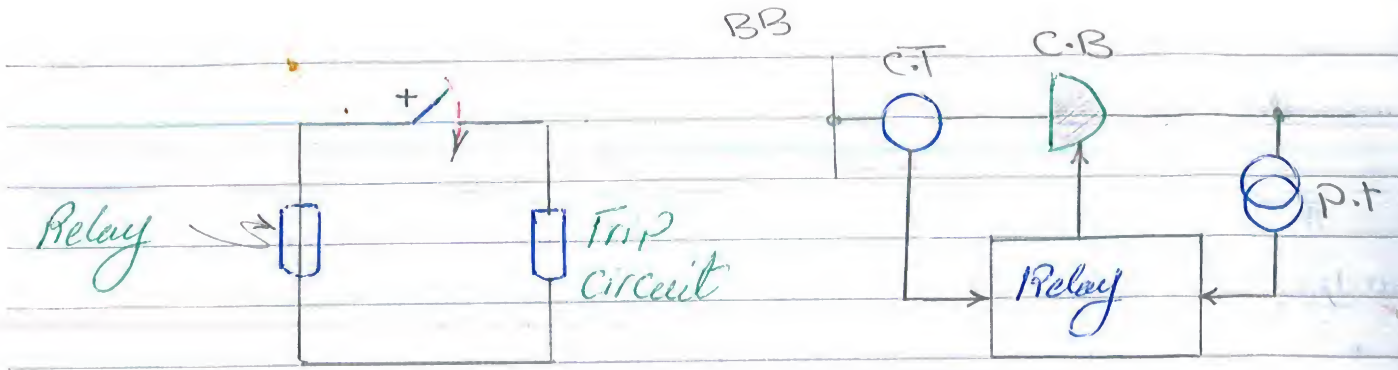
Fault clearing time = ① + ② + ③

الشرح :

يحدث abnormal condition في الشبكة الكهربية أو Faults سواء كانت Transient أو permanent فيتم فصل الـ CB ولكنه تم نقل إشارة الخطأ بالتيار إلى جهاز الوقاية

at instant of Fault current increase and voltage decrease.

فإذا أصبحت الإشارة التي تنقل للريلاي Relay input quantity أكبر من أو تساوي الـ pickup value يعمل الريلاي ويغلق الـ contact الخاصة به وينقل الإشارة positive signal إلى دائرة الـ Trip



وعندما يتم اكتمال دائرة الـ Trip أي نقل إشارة (+) positive signal للـ

وبالتالي تكون قد عملنا Energizing للدائرة لفصل ويبدأ سكاكين المفتاح في الحركة
أي يبدأ moving contact الخاص بالـ C.B في الحركة وأيضاً نجد إنه يتولد arc
بين two contact of C.B .

← والزمن الذي يأخذه moving contact of C.B حتى ينفصل تماماً فيسمى
بزمن تشغيل المفتاح (circuit Breaker operation time)
وهذا الزمن يعتمد اعتماداً كلياً على سرعة ميكانيزم الفصل بالمفتاح .

⇐ ثم بعد ذلك نعطي زمن واحد فقط وهو زمن اطفاء الشرارة أي الـ arc داخل المفتاح
C.B ويسمى بزمن (Arc extinction time)

(ملاحظة) الـ arc عبارة عن plasma أي سيل من الشحنات السالبة (الإلكترونات
والشحنات الموجبة وهي البروتونات) وهو موصل وتعتمد درجة الموصلية
الكهربية له على " عدد الأيونات الموجودة في وحدة الحجوم "

⇐ Conductivity of plasma depend upon number of ions per unit volum .

ومن خلال ما سبق نجد أنه يجب أن يكون زمن إزالة الـ Fault صغير حتى يمكننا
تقليل damage وكذلك mechanical stress الواقع على المعدة
وكذلك الشبكة الكهربية كما ذكرنا من قبل .

(مثال)

short circuit on Bus Bar 70ms with 60kA rms
no damage occure but with Fault duration of 7 second
Bus Bar were completely destroyed.

⇐ ولتقليل هذا الزمن لكي Fault clearing time يجب ان تقل أيضاً الزمن لعبارة انقطاع.

① to minimize Relay operation time we should chose instantenous Relay , high speed or extra high.

فيجب اختيار ريلي لحظي " وكلمة لحظي لسبب تعني أنه يساوي صفر فالريلي له زمن ولكنه صغير جداً (ms)

② To minimize circuit Breaker operation time we must chose Fast mechanisem For C.B contact.

③ To minimize arc extinction time we must chose excellent " Arc extinction media ".
(low arc time constant)

Arc time constant ⇐ هو الزمن اللازم لعناد الوسط لإزالة القوس في C.B

ملاحظة: يكون هناك Time delay لأجهزة الوقاية لماذا؟

① To permit descrimination between main and Backup protection.
حتى تستطيع التمييز " حتى لا يعمل جميع أجهزة الوقاية في وقت واحد ويخرج أجزاء كبيرة من الشبكة ونحن نريد خروج Faulty part only

② To prevent the operation of Relay during Transient , starting current For some equipment such as Transformer and motor , ... etc.

وذلك لمنع عمل الريلي أثناء الظروف الطارئة مثل swing ولذلك عندما نقوم بعمل التشغيل للمولات نلاحظ الزيادة في inrush current حيث تصل إلى 10 In ولذلك عند motor starting

∴ Relay Time of Fast Relay Few Cycle For Inverse Time relay Can be adjusted between (6 to 60ms). — لاحظ

∴ C.B → slow 5 cycle
→ Fast 2 cycle or 3 cycle

⇒ static Relay of 1/2 cycle or one Cycle.

Main "primary" protection and Back up protection.

تستخدم الـ Main protection أساساً لحماية معده ما وللوقاية الاحتياطية يتم إضافة وسيلة أخرى للوقاية تسمى بالـ Backup protection

∴ The primary protection is the First to act and the Backup protection is the next in the line of defence, meaning

" if the primary protection Fails, the Back up protection coms into Action and removes the Faulty part from the healthy system.

عند حدوث الـ (abnormal) فإن main protection يعمل أولاً ويعمل الـ Backup كخط دفاع ثاني.

- كل من الـ Main وكذلك Backup تشعر بالعطل وتبدأ الـ main protection أولاً بالعمل لفصل العطل وعند فشلها تقوم الـ Backup بالعمل

لاحظ — Main Relay هو أقسام رباي الشبيه لـ Backup Relay ماعدا أنه يحتوي على زمن تأخير Time delay

∴ تفشل الـ main في حالة فشل أي مكوناته " C.T, P.T, Trip, ... DC "
وفي هذه الحالة يعمل الـ Back up ويعمل أيضاً عندما تكون Main
في الصيانة أو الاختبار " Maintenence, Testing etc "

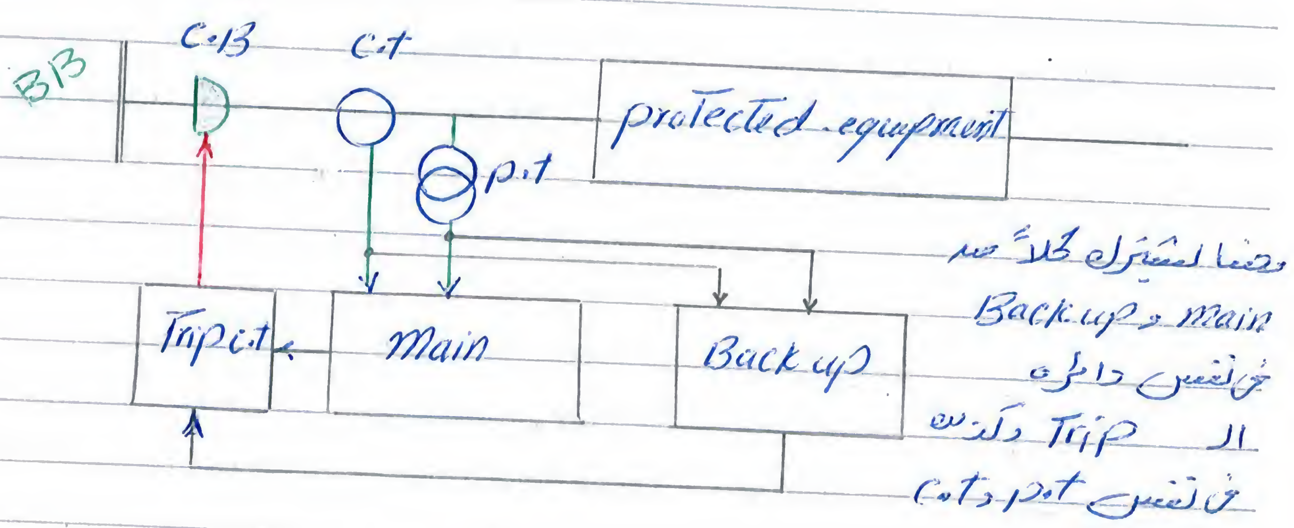
∘ Main Protection → short circuit condition
→ abnormal operation condition

∘ Back up protection → short circuit condition only

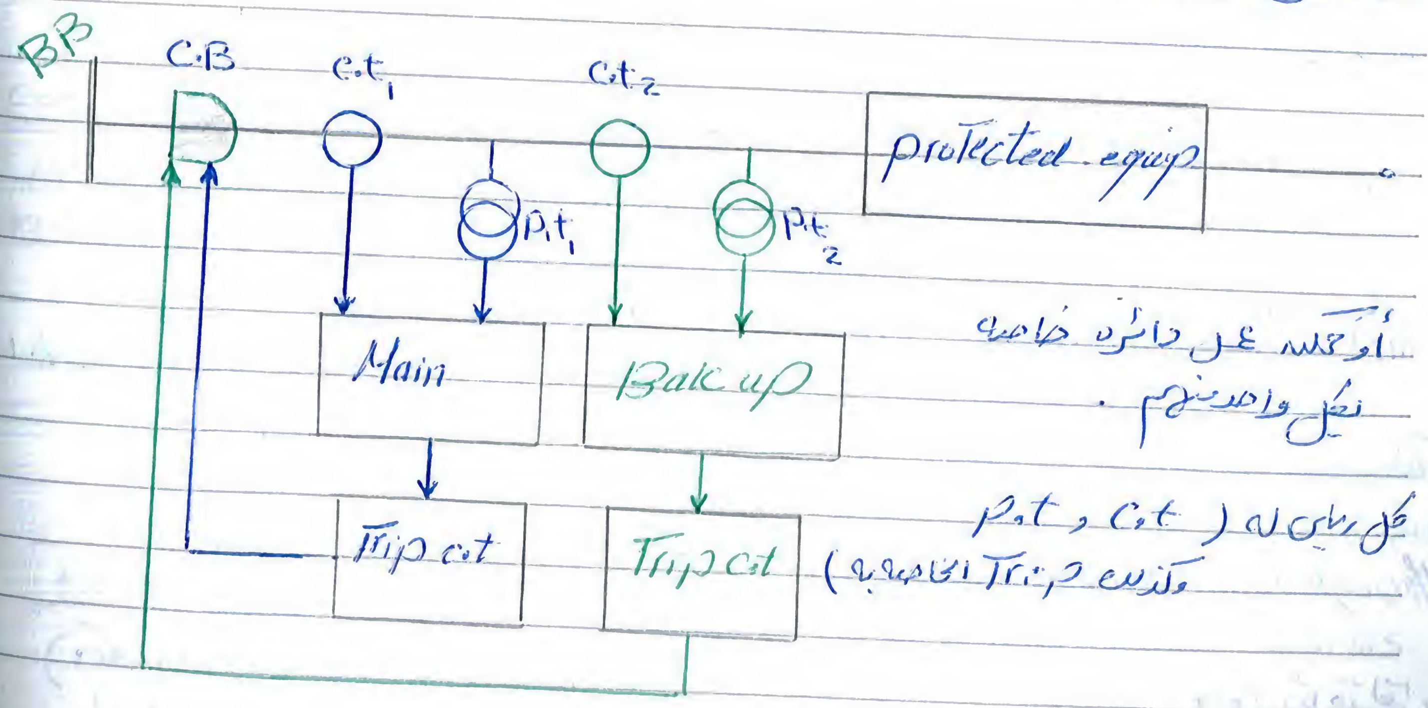
Methods of Back up protection

① Relay Back up.

وفيه بتواجد كل من الـ Backup و الـ main في نفس المكان ويشتغلوا على C.B واحد



وهنا لمشترك كلاً من Back up و main في نفس دائرة الـ Trip ولكن في نفس p.t و c.t

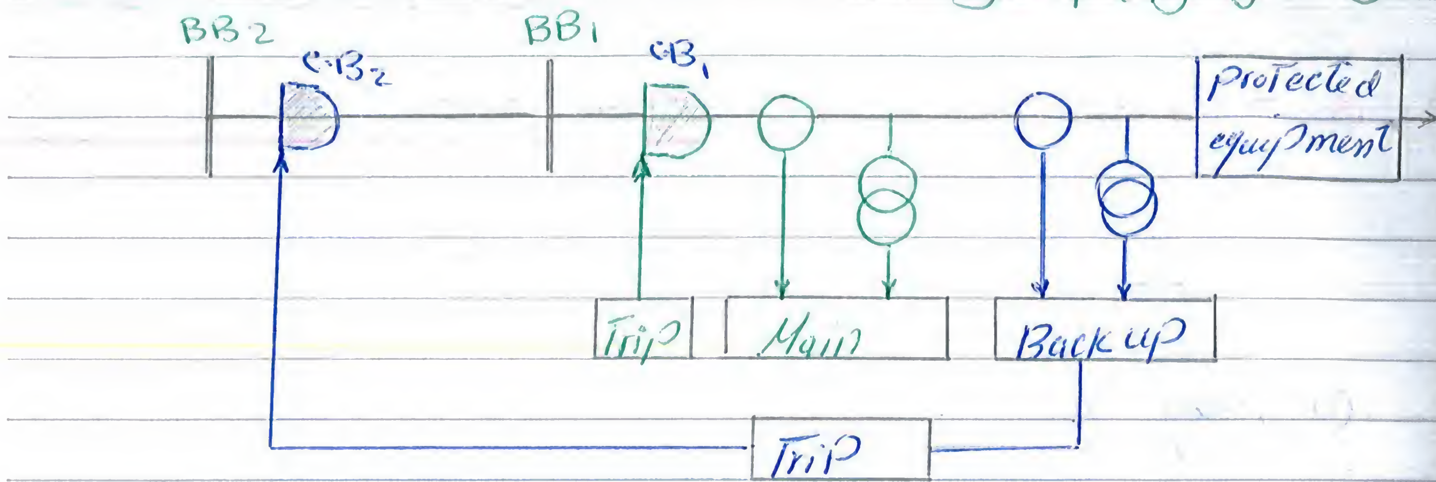


أو كلاً على دائرة خاصة بكل واحد منهم.

كل واحد له (c.t و p.t وكذلك Trip الخاصة به)

② Breaker Back up.

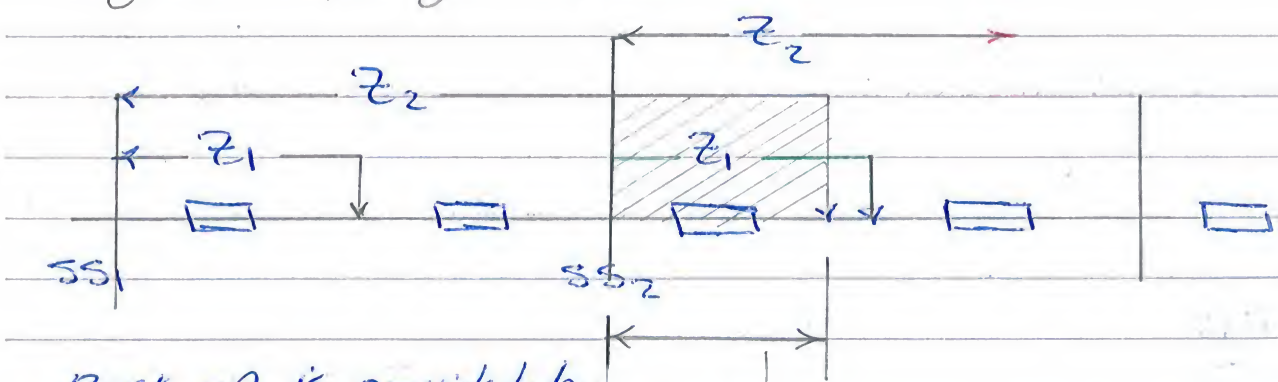
وفيه يتم استخدام CB مع main Relay و Back up يتحكم في CB آخر



③ Remote Back up : The main protection in a station and the remote in another one

وبالتالى لا يكونوا موجودين في نفس المكان وكلاهما لا يعتمد على الآخر

They are completly independent



Back up is provided by Zone "2" of the relay of SS_1.

④ The Centrally Co-ordination Back up.

أى مركز لـ load dispatch Center ويطلق عليه (LDC) وهذا النظام Back up غير متوافر في مصر حيث يتم فيه تجميع الـ Back up لكل المحطات في مكان واحد ويتم نقل المعلومات الى هنا بالمركز "Through high Frequency Carrier signal"

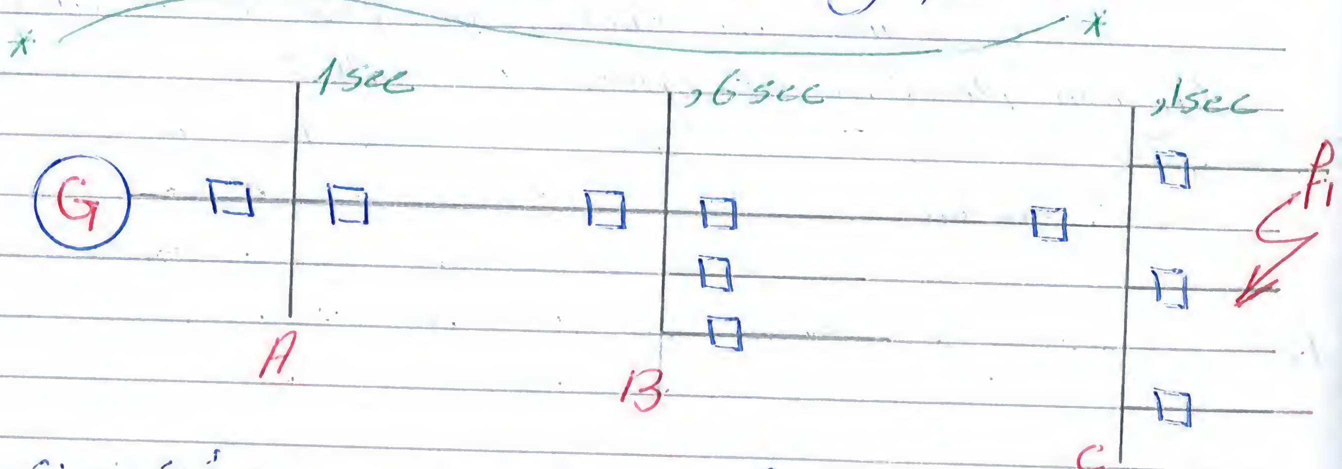
موجود هناك Software program محتوى على Computer ويقوم باتخاذ القرار لتسليم the Correct switching operation لإزالة الـ Faults

وكما ذكرنا فنحن نحتاج إلى Data media أسرع بالفعل وترسيل إشارة Trip
في نفس الوقت حتى لو حدث عطل بـ main .

Methods of Data Transmission.

1. High Frequancy Carrier signal (تحميل الإشارة على موجة sine / cosine)
2. GSM (شبكة المحمول)
3. pilot cable (Telephone) سلك تليفون
4. Fiber optics
5. power line Carrier (plc)

6. Back up protection by time grading principle



عند حدوث الـ Fault F1 يعمل الـ C.B الموجود عند C أولاً وإذا فشل الـ C.B
مع الإسباب، تقوم الـ C.B التي عند B بالفصل وإذا فشل الـ C.B التي عند B
فتقوم الـ C.B التي عند A بالعمل وهو هنا لاحظنا أنه يحتاج في Back up

6-1 Back up protection by Duplication principle.

هذا المبدأ شائع الاستخدام في الولايات المتحدة الأمريكية

In this form of protection, the emportant protective devices (C.ts, P.ts, Relays, C.B, auxiliaries, etc) are duplicated (مضاعفة)

8- Both primary and Backup protection are provided at the same station and are arranged to operate at the same speed as fast as possible.

يتم تغذية كل من main وكذلك Backup من نفس الخط
ويكونوا مصممين حتى يعملوا بنفس السرعة "بأسرع وقت ممكن"

such protection is costly and the cost is justified For protection of EHV (Extra High voltage) Transmission lines, bus Bars, large Generators, large Transformers.etc

الـ Main تعطي اشارة Trip لفتح C.B والـ Backup تعطي Trip
لفتح آخر C.B

there are two independent Trip Coil can be employed

=> sometimes the main and Backup protection are based on different principle of operation, so that if the main protection Fails to sense the Fault, the Backup does not Fail to do so.

أي نفضل انه يكون كل من main والـ Backup من شركتين مختلفتين أي مختلفين في
نظرية التشغيل وذلك حتى اذا لم يشعر main بالعطل يستطيع الـ Backup
ان يشعر به ويعزل Faulty part as quickly as possible

أثناء حماية كل من وحدات Generators أو Transformer يكون كل من main
وكذلك Backup لهم نفس "C.B is common" Circuit Breaker.

يتميز بوضع Doublication بالسرعة والدقة في ازالة الـ Fault
وتعمل على زيادة reliability النظام

6-2 Monitoring.

Qualities of protection Relaying.

① selectivity , Discrimination . الإنتقائية والتمييز

i- selectivity :- meaning the protection Relaying should select the faulty part of the system and should isolate it as quirly as possible.

ii. Discrimination :- the protective Relaying should distinguish between normal and abnormal condition and distinguish between abnormal with in protective zone and abnormal else where

② speed , clearing Time :- is the Time between the instant of Fault occurance and the instant of closure relay contact.

$$\text{clearing Time} = \text{relay Time} + \text{C.B Time}$$

③ sensitivity , power consumption .

sensitivity factor (min. sc current / min operat current):

$$K_s = \frac{I_{s.c\,min}}{I_{o\,min}}$$

sensitivity :- is refers To the smallest value of Actuating quantity at which the protection start to operate in relation with the minimum value of Fault current in the protected zone.

Power consumption in Relay " Burden " وهو حساب الطاقة المفقودة في الريلاي وتقدر بالـ (VA) وذلك لتصميم كل من C.T , P.T المناسب

④ **Stability** : That means the protective system remains inoperative and stable under certain specified condition such as system disturbance through Faults, Transient, ---- etc

يعني جهاز الحماية مستقر وقابل للتشغيل وذلك عندما يحدث اهتزازات في الشبكة (الخطأ) وذلك عند حدوث Fault أو Transient.

⑤ **Reliability** : mean التوكل أو الاعتمادية

Trust worthiness أي الخطأ يعتمد عليه

∴ The protective Relaying shouldn't Fail to operate in the event of Fault in the protected zone

أي يعمل الرياليه الـ Fault في الـ zone الخاص بها فقط وكيف لا يعمل في حالة عدم الضرورة له أن يعمل

∴ Protective system shouldn't operate unnecessarily

⑥ **Adequateness** : The protection provided For any equipment should be Adequate.

الإلاغ - للغاية

- يجب أن يصمم الريليه حتى يعمل بتركيب يلائم الموضوع مراجعه

∴ **Distinction between Relay unit, protective system and protective schemes.**

∴ **Relay unit** : أي الريليه نفسه

(21, 50, 51, 27 - 59 - 89, 87 -- etc)

over Current, under voltage Relay, ---- etc

protective system : مجموعة العمليات التي تحتاجها الريليه لكي تتعامل مع الشبكة والـ C.B

" Relay unit, C.t, p.t, C.B, Trip circuit
DC supply + Accessories -------)

وهو لشبهر آلقرمن system تمثلاً بحائي protective schemes :-
* *
مده ما تحتاج الى

" O.C.R system + Distance Relay, ...

يُطلق عليها scheme وبالتالى تتواجد

- Generator protection scheme
- Transformer protection scheme.

Some Terms in protective Relaying

① Trip circuit :- * *

وهى دائرة مكونة من ملف Trip " Trip Coil "
وكذلك من Relay Contact و auxiliary sw و
وكذلك من Seal in Coil و battary supply والذى تتحكم فى تترال C.B

② Current Transformer :- " C.t " * *

محولات التيار
- تستخدم فى اغراض القياس والحماية
"الوقاية" فهى تستخدم measuring C.t وكذلك protective C.t
وعادة ما تكون النسبة التحويل كبيرة (600/5) أو (600/1) أى تكون تيار
الثانوى تتراوح من (1 — 5A) أو 1A وهذا فى static Relay
بينما تتراوح تيار primary من (10 To 1250A) أو أكثر
وتكون burden أو (VA) المسحوبة منه صغيرة إذا ما قورنت بالقدرة المحولة
فى الشبكة KVA أو MVA نجد C.t (5 To 150 VA)

③ Voltage Transformer. or potential Transformer (V.t) * *

وهو يستخدم لتقليل جهد الشبكة حتى تكون مناسب للريليه وهناك جهد مضبوط على
فى Stander وهو (110 V , 240 V , 440 V) وهو أيضاً يستخدم
فى القياس والوقاية وتكون VA المسحوبة منه صغيرة إذا ما قورنت
بال VA المسحوبة من power Transformer .

④ **Auxiliary switch.** وهو عبارة عن switch يحتوي على مجموعة من إلتقاط والذي تم توصيله مع C.B ويعمل على فصل وتوصيل الدوائر الوقاية والبيان والتحكم من كل وضع وعادة ما يحتوي على مجموعتين أحداهما Normally open (—) والأخرى normally close وتكون موضوعة في كبائن Cubicles الخاصة بالـ C.B ولـ كالبه

⑤ **Fault clearing time.** هو الزمن من لحظة حدوث Fault إلى لحظة إطفاء الشرارة في C.B ويكون بالـ (ms) أو بالـ Cycle ← one cycle أي $1/50^{Hz}$ 0.02sec

1/50Hz ← 0.02 sec

⑥ **Stability of power system.** that mean all the synchronous machines in the system are in synchronism in step with each other. أي لازم أعني ① Voltage ② Frequency ③ sequence

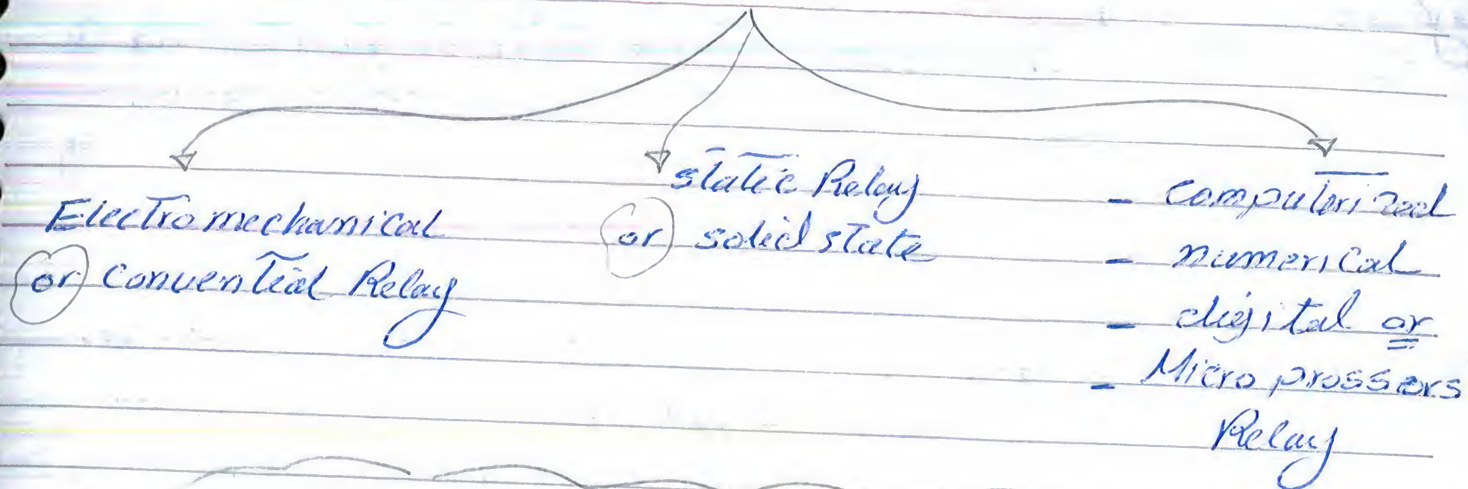
⑦ **Earth Fault** : ويمكن Fault الذي يحتوي على earth أو Ground مثل single line to g و Double line to ground Fault - arcing grounds.

⑧ **phase Fault.** Fault which does not involve earth. such line to line Fault.

⑨ **instantaneous Relay.** A Fast Relay having relay time less than 0.2 sec and having no time lag.

يعني؟ ⑩ **IDMT Relay.** inverse definite minimum time Relay.

Relay categories "Relay Time"

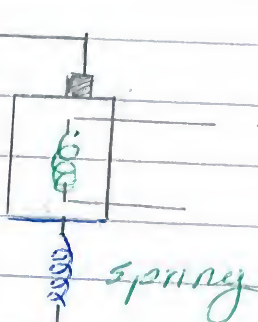


① Electromechanical Relay = convential Relay.

From 1910 To present day, this type of Relay convert electrical input (volt, current) To mechanical Torque and force.

Advantages:
① simple for operation
② not nervous ← لا يعمل بسرعه عاليه جدا عند دخول اي خطأ
③ easy for maintenence

Disadvantages
① has high rate of Faileur.
② " " operation time
③ يحتاج الى صيانة باستمرار
④ تكلفته زادت بعد عام 1980 وبالتالي ندرة
انتشاره وبالتالي ندرة قطع غياره وانتاجه



Cost

Year

1980

والعنصر الفعال ده عيوب هذا النوع أنه يحتاج الى energy عالية لتوليد Force
التى ستعمل على تحريك الـ moving element وهذه الـ energy ستحتاج مدخل من
الـ C.T و P.T وبالتالى تحتاج الى C.T و P.T ذو rating عالى
وبالتالى تكلفة عالية High cost.

② Solid state Relay , Static Relay.

(1960 → 1980) semi conductor ظهر ريلاى يستخدم الـ
وتوقف استخدامه فى الشبكة الكهربية بسبب
① ضعف فعاليته بسبب ارتباطه بالفقد
② ظهور الـ Computerized Relay

Advantages of solid state Relay.

① لا تحتوى على أجزاء متحركة وبالتالى
- إصلاحه له قليلة low maintenence
- أسرع من Electro mechanical relay
- لا تعتمد على الـ P.T و C.T مصادر الـ (Energy
② تتحمل الصدمات الميكانيكية (Bear the mechanical shoke
③ أشكاله كثيرة ومتعددة.

Disadvantages

① كان بالنسبة للهندسة High Tech. القاسى.
② nervous " low response time.
③ semi conductor تتأثر بدرجة الحرارة وكذلك ما يسمى بـ draft وبالتالى تقل عمره الافتراضى

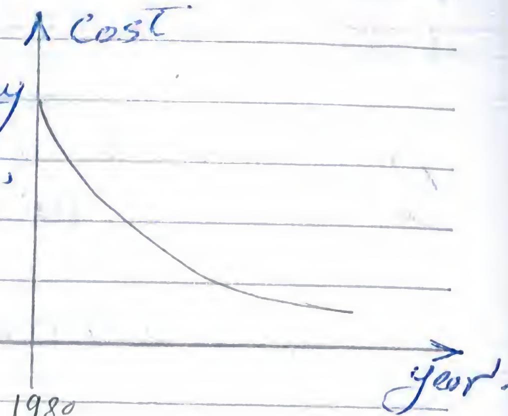
③ Computerized Relay , From (1980 To present day.

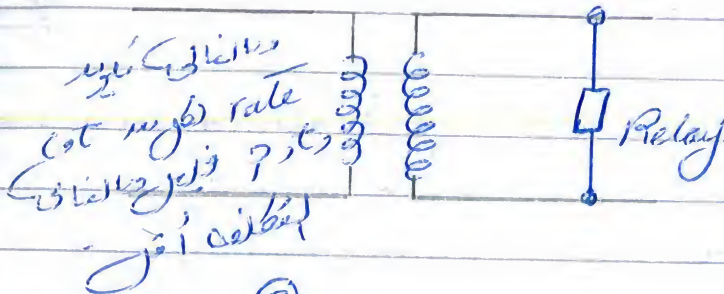
Computerized Relay become one the most common Relays.
, Because of it's deal with the Computer s.

Advantages of Computerized Relay -

① it's Too Fast than solid state Relay

② has low Burden أقل عبء





③ لا يحتاج الى صيانة كثيرة

④ Multi Function (Relay - قياس - Control)

⑤ Match with any thing in network By computer

Fault analysis بتم تخزين ال Fault عليه ومن ثم يستفاد منه في عملية

Disadvantage

① Free dust air condition room.

② who is responsible For Computerized Relay.
(........ Computer مهندس أم power مهندس

software. (computers تتعطل في power والبعض اكتر مهندس

Baised Relay :- A Relay whose characteristic is modified by additional mechanical or electromagnetic provision such as a bias coil, magnet etc.

power consumption of Relay. « Burden » the value of power consumption in (VA) or watt (For dc) مقدار استهلاك ...
... Pct , Ct ... VA ..

$rms = \frac{Peak\ value}{\sqrt{2}}$ = → rms value for input quantity

pick up value : it's the input quantity which will produce Force making the moving part just to move Toward closing contact
الفيض الذي يولد قوه تجعل العضو المتحرك على وشك الغلق

→ it's the minimum rms value of input quantity

over Travel , over shot المسافة التي تتحركها الجزء المتحرك moving part بعد انتهاء مسبب input quantity بـ تساوي صفر .

slander over shot time = 100 msec

Reset or drop out : the value of input quantity which Relay reset and comes back to original position .
قيمة الفيض (I او V) والتي عندها تبدأ الـ moving contact لـ Relay الـ في العودة الى الوضع الابتدائي لها

Reset Time : هو الزمن اللازم لـ moving part حتى تعود الى الوضع الابتدائي " initial position "

وهذا الزمن هام جداً ، ضروري ، وذلك لابد (on/off) يعني auto Recloser السرعة العالية لتجنب عودة الـ contact لـ Relay بسرعة عالية الى وضعها الابتدائي

Earth Fault Relay : A Relay which sense Earth Fault.

SCADA : supervisory control and data Aquisation
Computer based system which perform measurement , data Aquisation , data Transmission , operating and control center " الـ load dispatch center

Auto-reclosure :- The process of automatic reclosing of circuit Breaker after it's opening
عملية غلق اوتوماتيكية للـ C.B بعد فتحه.

over-reach. عندما الريلاي يرى الـ Fault الذي هو خارج منطقته وكأنه داخل منطقته
Relay sense Fault out side zone, inside the zone

under-reach The relay measure the impedance of the Fault inside the zone, outside the zone. يرى الـ Fault الذي داخل منطقته وكأنه خارج منطقته

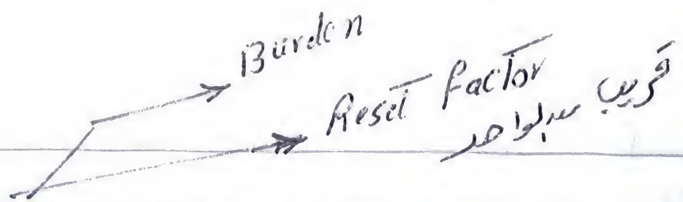
Carrier Transfer (Inter Tripping). carrier signal sent from one end to other end of Transmission line so as to Trip the circuit Breaker at the other end.

Carrier Blocking: Carrier signal sent to the other end of Transmission line so as to prevent the Tripping of circuit breaker at other end.

Rule of Engineers. دور المهندس

Tasks of engineers include the Following :-

① planning of protection.
② choice of protection, protective equipment.
③ Installation, setting, Commissioning.
④ maintenance and check on failures. assessing causes and remedies.



Performance of protection

① Speed ② senstivity ③ selectivity
④ Releability ⑤ Cost (≤ 15% of project)

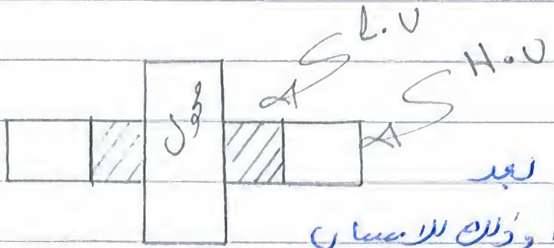
Factors which effect on protection performance.

① protection Designe
② protection installation
③ " deterioration التقادم (العمر الافتراضي).

protection philosophy.

① Each system element must have it's own protection
② Each protection must have abackup
③ protection Zone must over lap.
④ No signal failer shall leave asystem element unprotect لا تكون أي مساحة بدون حماية

ملحوظة: الغرض من التأريض Grounding ← ① حماية الأشخاص عند إجراء عملية الصيانة
② التخلص من over voltage
الناشئ عند حدوث الأعطال مثل ارتفاع قيمة الفلتات الصاعقة على الخطوط فيتم عمل مسار للتيار للأرض.



※ في power Transformer يكون ملف low voltage أقرب للقلب بعد ذلك High voltage. وذلك للأسباب التالية

① voltage Grading حتى يكون متزن.
② low size
③ Tap change on high voltage side
④ low cost
⑤ Field منتظم واقع في High ، low حتى يكون له مسار

(1)

علي فرحات

م/ محمد عبد السلام

chapter No. 2

Relay Input Sources

من المعروف أن الشبكة الكهربية تحتوي على جهد عالي H.V ولكي يتم تعامل الريلاي معها فلابد أن لا يتم توصيله مباشرة بل لابد أن يتم ذلك عن طريق دوائر الـ Transducer أو الـ Inter Face وهذه الدوائر تعتبر بمثابة السماعة لجهاز الريلاي مثل سماعة الطبيب

Transducer or Inter Face circuit ⇒ mean C.t.s & P.t

Function of inter Face circuit ⇒

① توصيل الإشارة الواردة من الشبكة حتى تكون مناسبة بالنسبة للريلاي وكذلك ترشيح نقي (pulse width و Band width) للإشارة .

② عمل عزل بين الشبكة والريلاي والمسمى بـ Galvanic isolation

③ نظراً لأن هناك أجهزة وقاية protective device تتعامل مع Electrical input وهناك أجهزة أخرى تتعامل مع physical quantities مثل الضغط ودرجة الحرارة

* وبالتالي يتم أخذ أي بيانات من الشبكة وتوصيلها الى أجهزة الوقاية والقياس تم تقسيم نوعين من الأجهزة -

① نوع يتعامل مع الكميات الكهربية Electrical quantities

② " " " physical quantities مثل السرعة والضغط ودرجة الحرارة

فمثلاً مع السرعة تحتاج الى speed meter ومع درجة الحرارة تحتاج الى Thermo Couple ومع الضغط تحتاج الى gas pressure switch .

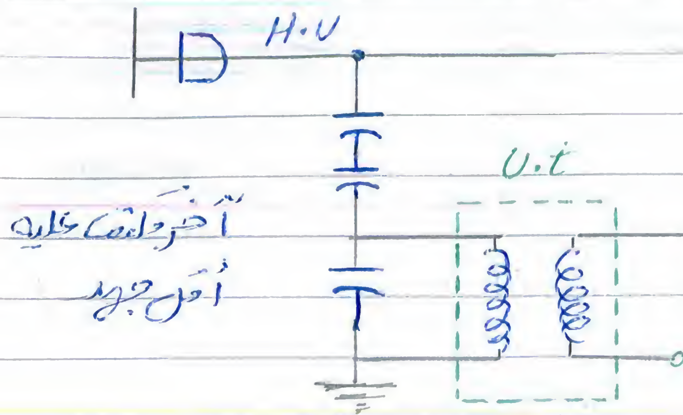
والكميات الكهربية هي الجهد " Voltage " والتيار " Current " فللحصول على بيانات عن الجهد فإننا نحتاج الى محول جهد والطريقة عليه .

A) Voltage Transformer or potential Trans Former "V.t , p.t)

V.t or p.t ⇒ is consist of the Following

magnetic core + primary winding + secondary winding

B) Capacitor Coupling Voltage Transformer (CCVT's)

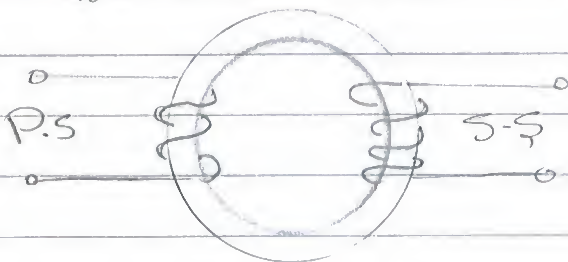


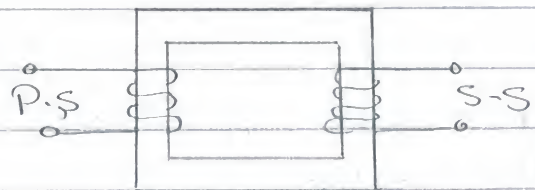
وهو عبارة عن V.t متصل مع مجموعة من المكثفات المتصلة مع بعضها البعض على التوالي

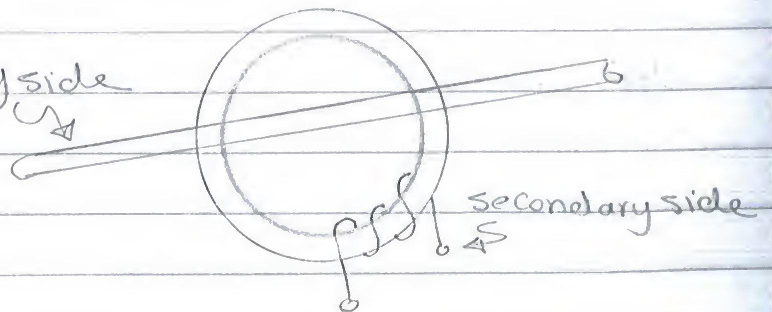
(*) للحصول على بيانات عن التيار يتم استخدام محول التيار Current Transformer

Type of Current Transformer.

① C.T's without airgap in the core.

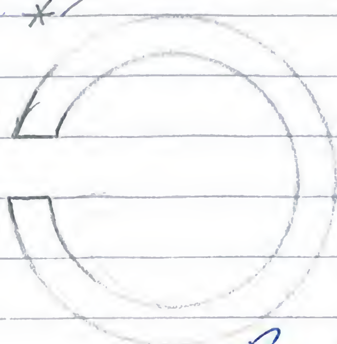






وتوجد هذه المعدات فيما يعرف بمسمى "gantery yard" الحوالة الخارجية

② C.t's with airgap.

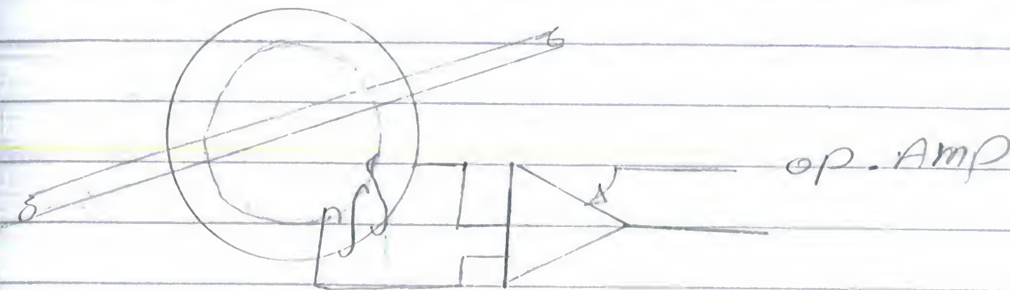


الفجوة الهوائية تعمل على زيادة المقاومة المغناطيسية (Rm) وبالتالي تقلل من "AT" AmpereTurn وكذلك تيار المغنطة "Im"

$Rm \gg \rightarrow AT \ll \rightarrow Im \ll$

③ Electronic c.t's or (smart c.t's)

تبنى فكرة عمله على فكرة التبادل " Mutual inductance " وتكون معه op.Amp
" operation amplifier " وهذه الأنواع تكون small rating ، وقتها
عاليه High accuracy ، لذلك لابد أن تكون الأحمال burden الخاصة
عليها صغيرة .

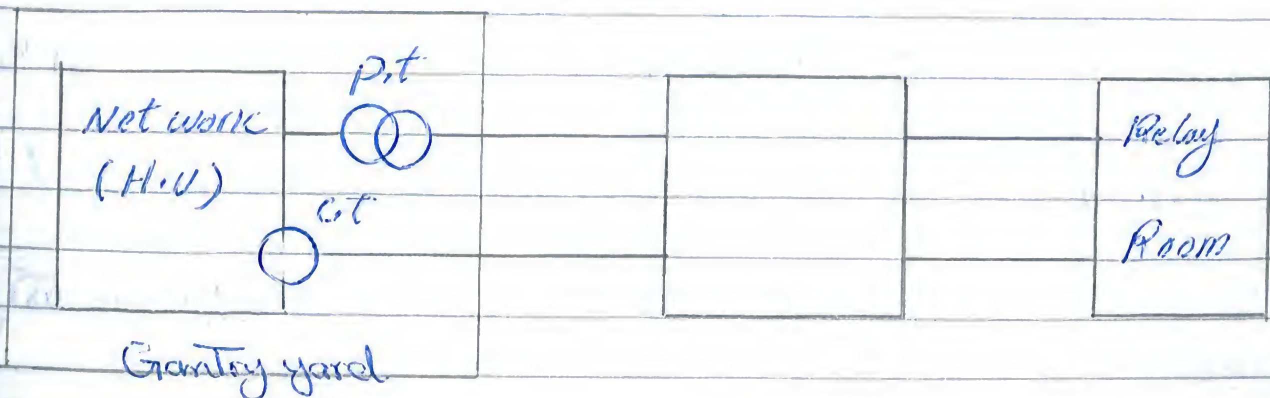


So the Function of c.t's and p.t

① Reduce the primary quantity to small Adequate quantity suitable For relays or measurement device.

② Galvanic isolation between primary and secondary side.

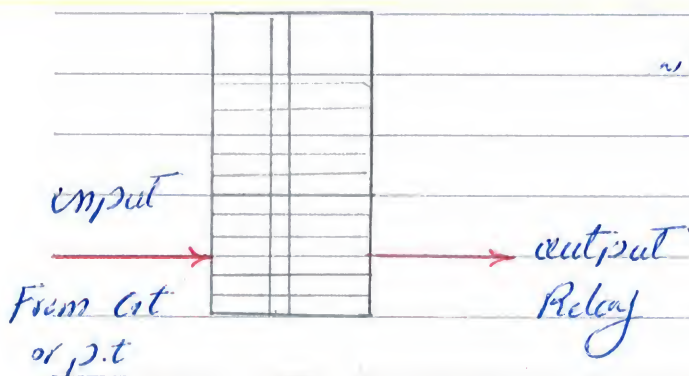
وكما ذكرنا أن كل من c.t's , p.t's تكون موجودة بالقرب من الـ " ganatary yard "
وتعتبر جزء من switch gear .
وحيث أن primary winding تكون متصلة مع الشبكة " H.V " ، ولذلك لابد من
وجود عازل جيد بين ملفات الابتدائي والثانوي وهنا العازل يتركز
(oil - Vacuum - Sf6 - Resin) C.t or p.t
وغالباً ما يكون عازل المحول مستمد من نوع العازل المستخدم لعزل الـ C.B's الخطر فيها



ويتم نقل الإشارات من c.t وكذلك من p.t إلى Relay من خلال وسط media تكنولوجي:

① wires (conductors).
② optical Fiber communication.
③ Micro wave.

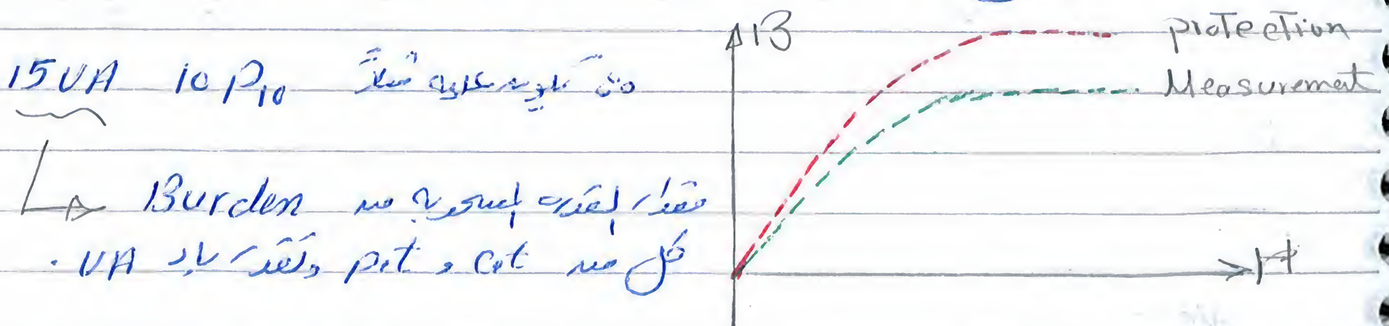
وتسمى أطراف التوصيل لكل من (c.ts و p.ts) والريلاي بال leads
ويستخدم معها ما يسمى "Terminal Block" (بيرونة)



⚠ كابل واحد من (optical Fiber) استطيع أن نقل كمية كبيرة من البيانات.

ملحوظة: تكون لكل من c.t و p.t من 2 core أو على 3 core
تكون أحدها للقياس والآخر للوقاية والذي يكون 3 core تكون أحدها قياس والإثنين الأخرين وقاية ولكن بنسبة تحويل مختلفة 600/5A و 600/1

ويلاحظ أن (saturation curve) الخاص بـ core القياس أقل من الـ core الخاص بالوقاية
أي نقطة التشبع للقياس knee point أقل منها في حالة الوقاية.



15VA 10P10 ← تكون مكتوبة مثلاً

Burden مقدار القدرة المسحوبة من كل من c.t و p.t وتقدر بالـ VA.

error ratio ← 10 P10 → when current equal 10 full load current.
protection ←

Measuring. ← مكونات أجهزة القياس

class ,5 → Ratio of error = ,5%

Current Transformer

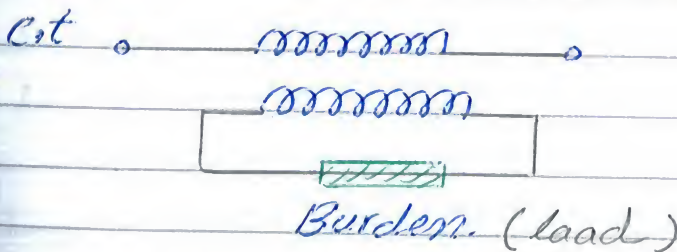
عند دراسة محولات التيار لابد من معرفة الآتي

1. Turns ratio
2. no. of Turn in primary and secondary.
3. Each winding Terminal letters.
4. winding resistance.
5. Insulation level test using 5000 volt meggar.
6. polarity test.
7. Magnetic Curve.

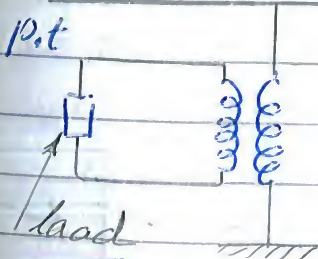
or Excitation Curve. or saturation Curve.

ما الفرق بين محولات التيار C.t.s ومحولات الجهد P.t.s ؟

١. الملفات الابتدائية لمحولات التيار C.t تتوصل بالتوالي مع الشبكة وهذا كما هو موضح بالرسم



٢_ أما بالنسبة لمحولات الجهد فهي توصل بالتوازي مع الشبكة كما هو موضح



ملاحظ

في Power Transformer الذي يتحكم في تيار الابتدائي هو الحمل أي الذي يتحكم في ،، At ،، Amper Turn هو الحمل.

أما بالنسبة لمحولات التيار C.t فإن الـ AT موجود دائماً في Primary مباشرةً لأنه تيار الابتدائي لا يتغير بتغير الحمل.

أولاً: كيفية حساب النسبة التحويل C.T's Turn Ratio

Turn ratio

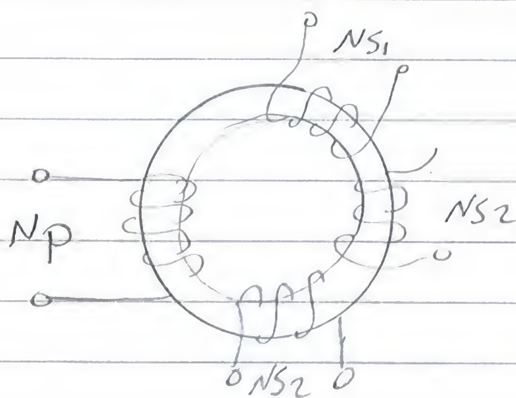
single ratio — multi ratio

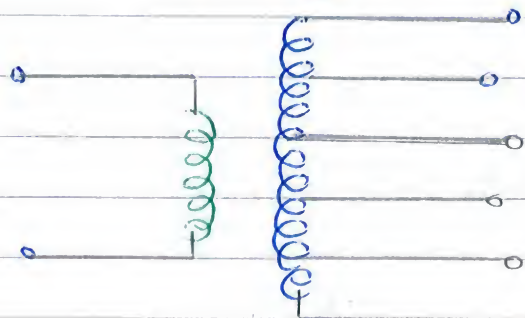
① single ratio

وهو المعروف يكون هناك ملف الابتدائي بعدد لفات معينة وآخر ثانوي وحيد بعدد لفات معينة ومن ثم يكون هناك النسبة تحويل وحيدة فقط.

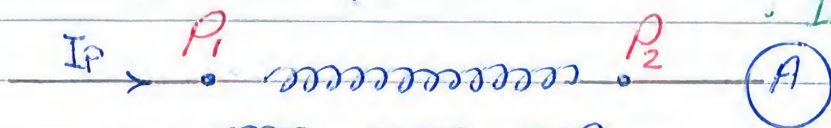
② Multi ratio

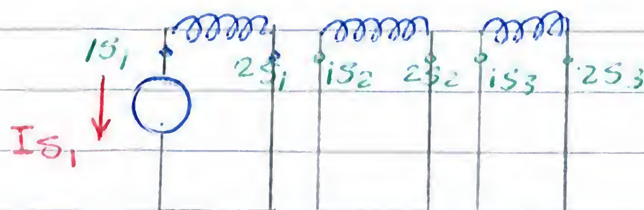
يكون هناك أخذ من الثانوي بعدد لفات مختلفة كما هو موضح بالرسم.





⇐ لنفرض أن لدينا محول تيار يحتوي على ثلاثة core كما هو موضح بالشكل وأردنا حساب النسبة التحويل لل core رقم ① فيتم قصر كل من ②,③ core ووضع Ameter لقياس التيار I_{S_1}.





I_P	✓	✓	✓	✓	✓
I_{S_1}	✓	✓	✓	✓	✓

$$\text{Turn ratio} = \frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{\text{تيار الابتدائي}}{\text{تيار الثانوي}}$$

التيار يتناسب عكسياً مع عدد اللفات $\left(I \propto \frac{1}{N}\right)$ $N\uparrow\uparrow\uparrow \rightarrow I\downarrow\downarrow\downarrow$

② no. of Turns of primary and secondary (NpSNs)

C.t
1500/5

← نفس عدد اللفات من قبل المصنع

③ Each winding Terminal letters.

أي المقصود بالأطراف ($1S_1$, $2S_1$)

$1S_1$ → الطرف الأول من الأول core الأول

$2S_1$ → الثاني من الأول .. الأول.

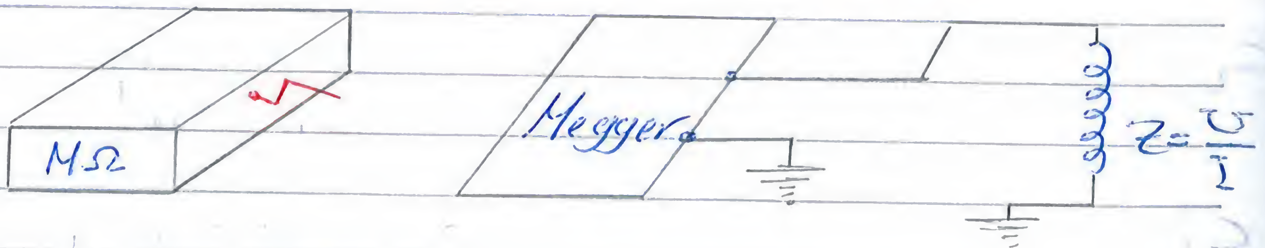
أحيانا يوجد ... ← ...

④ insulation level test (using the megger)

← يتم اختبار قوة العزل بجهاز يسمى الميجر (قوة عزل اللفات)

megger ← هو جهاز يشبه دينامو العجلة يحتوي على ① عضو ثابت stator
② عضو متحرك rotor

عندما نحرك الـ rotor باليد نتولد على أطرافه جهد (له طرف فيه خروج
يولد جهد على الموصلتين قوة العزل بالـ (Miga ohm)

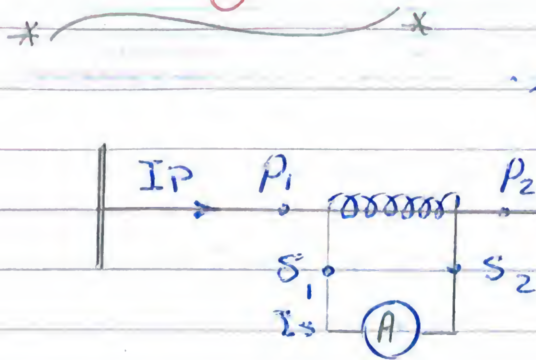


ⓕ ولكنه موجود في المستودع ... Digital Megger ويكون لغاية 10 KV
وأحيانا حتى 5KV حيث تم عمل injection لـ volt نوصفات
فاذا أنه تم تفريغ الشحنة عن طريق الـ Fault وتكون المقاومة zero
وفي حالة أنه يكون سليم تكون المقاومة بالـ MΩ .

إختبار القطبية : تحديد القطبية

⑤ polarity test.

لا يُجرى هذا الإختبار الآن ولكنه فقط في حالة محول تيار جديد وضعه في حالة "pre commissioning" قبل دخول التيار.



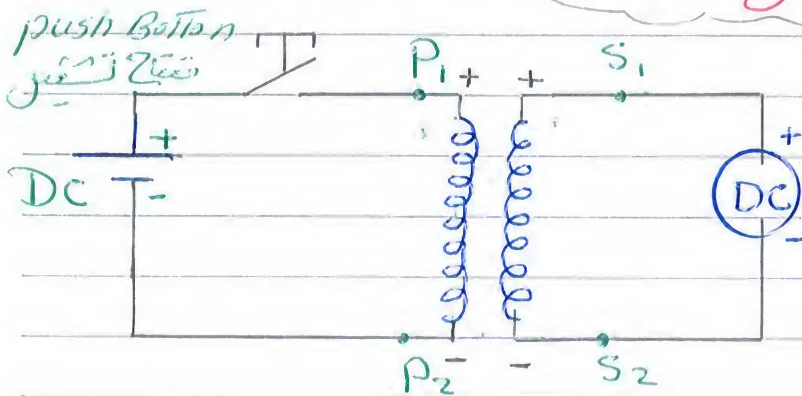
$$I_p = 600\,A$$

$$n_c = \frac{1500}{5} = 300$$

$$I_s = \frac{I_p}{n_c} = 2A$$

معرفة قيمة التيار في حالة AC ليست كافية ولابد من معرفة إتجاهه.

كيف يتم عمل إختبار تحديد الـ polarity.



تكون دائرة كما بالشكل ومن مكوناتها:

① ملف ابتدائي وملف ثانوي
② مفتاح التشغيل
③ DC voltameter
④ DC supply.

أولاً: يتم تسمية أطراف الابتدائي بأي اسم ولكن P_1 P_2 أما بالنسبة للثانوي قد تكون أطرافه معروفة.

الشرح:

1- عند الضغط على مفتاح التشغيل يمر تيار مستمر DC إلى ملفات الابتدائي وبالتالي الطرف P_1 يكون موجب ($P_1 \rightarrow +ve$) فيتولد Amper-Turn في الملف الابتدائي فيقطع الملف الثانوي فتتولد فيه قوة دافعة كهربية mf ومن هنا نقوم بـ (DC voltage meter) لقراءة هذا الجهد.

2- في حالة القراءة بالموجب (+ve) تكون upper secondary Terminal هو S_1 والـ lower هو S_2.

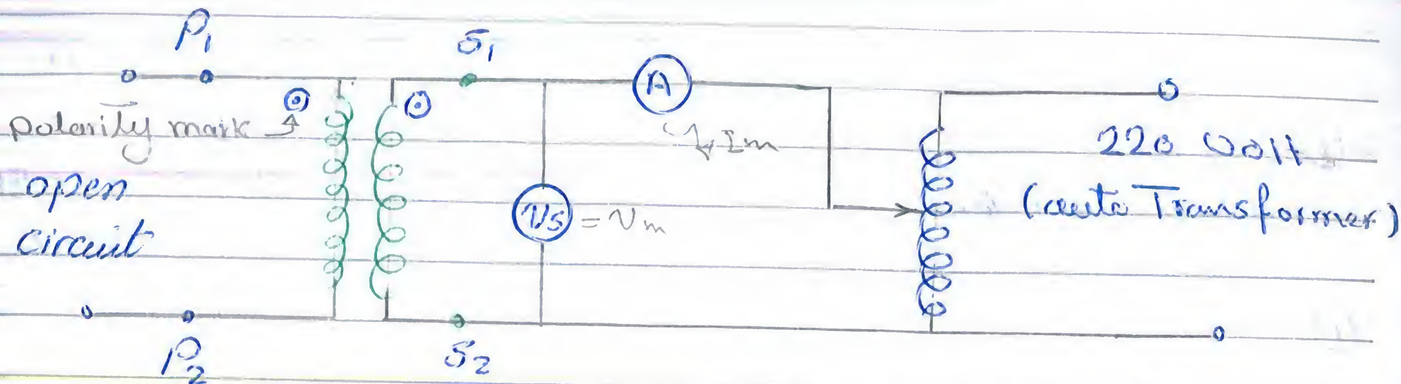
3- أما في حالة القراءة بالسالب (-ve) تكون UST هو S_2 و lower هو S_1.

9

Vs = Vm = Ve ≡ Ie ≡ Is — H, B

(6) Saturation test.

الغرض منه تحديد نقطة التشبع ومعرفة
الخواص (B-H) للمحول



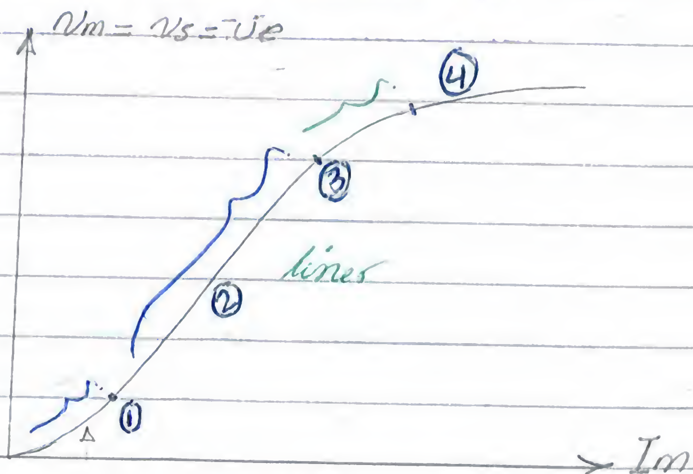
يتم تغذية الثانوي وتجعل دائرة الابتدائي مفتوحة.

ويتم رسم علاقة بين (Vm = Vs) & Im
فيظهر منحنى كالشكل هنا ويسمى

Im	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Vm	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

يسمى saturation curve أو magnetizing curve
أو open circuit characteristic

1. Ankle point.
2. straight line.
3. knee point.
4. saturation area.



عندما يحدث التشبع لمحول التيار أي يكون معدل تغير الفيض في الثانوي يساوي صفر
ويقال عليه في هذه الحالة "Blind C.T.s"

non liner

اي هذا المحول بالعربي "أعمى".

والمراد من C.T هو تجنب حدوث هذا التشبع saturation وذلك لأنه لو حدث التشبع لـ C.T أو اشتغل الـ C.T في منطقة التشبع فإنه سيفصل تيار الابتدائي كله في دائرة المغنطة لـ C.T وبالتالي لا يصل تيار إلى الثانوي وبالتالي لا يعمل الريليه الموصل به ولابد من شيء يحمي الـ C.T من منطقة التشبع

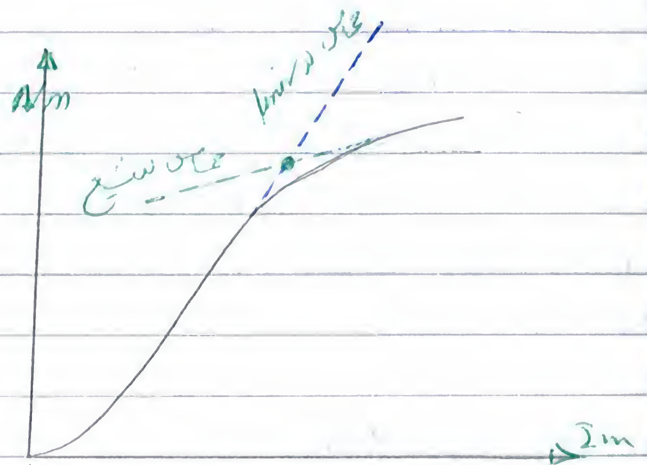
(*) وضع علامة لنقطة التشبع Knee point

هناك طريقتين لقياس نقطة الركبة والتي عندها حيث اقصى استفادة من الطيفية او الفيض الحقيقي والتي بعدها مباشرة تكون قد دخلنا في منطقة التشبع .

① IEC standerd

② ANSI or, IEEE standerd

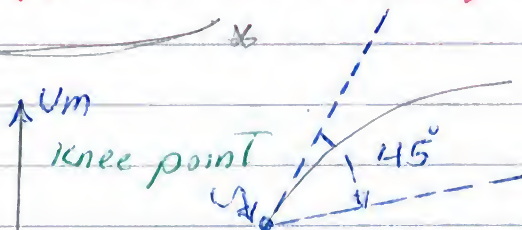
① IEC standerd.



نقوم برسم مماس لمنطقة linear Region
وكذلك نقوم برسم مماس لمنطقة التشبع

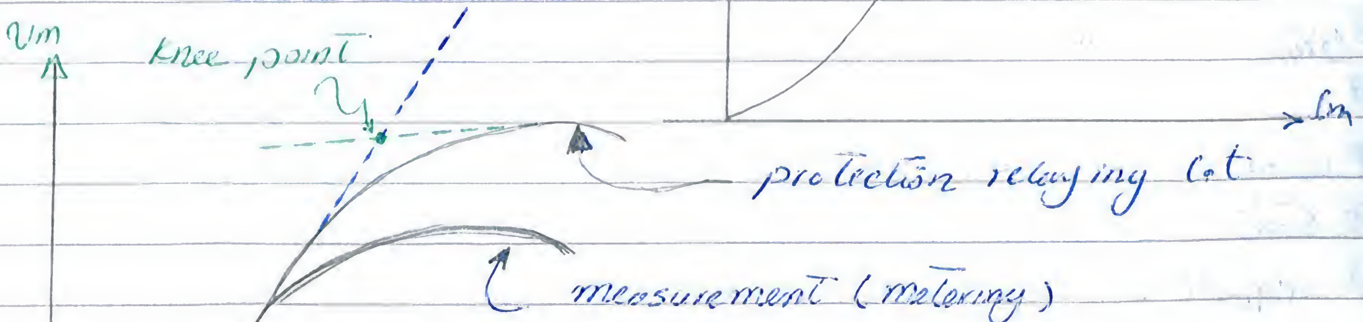
ونقطة تقاطع خطي المماس تعطي نقطة الركبة (knee point)

② knee point According To (ANSI or IEEE)



نرسم مماس للمنطقة الـ linear

ونقيس زاوية 45° فتكون نقطة الركبة
هي نقطة التقاطع مع المنحنى



ملاحظة: الطريقة الافضل للتصنيع هي IEC
أما بالنسبة للمهندسين فهي ANSI وبالتالي أفضل ليه
لحساب أنه تقاس التصنيع على ANSI

" Follow The Relay input Sources "

1. Current Transformer equivalent c.t "circuit".
2. Current Transformer (c.t's) connection.
3. Estimation of c.t's performance.

N_P N_S

← simulation

$(N_S > N_P)$

$$n_c = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S}$$ ⇒ Turn Ratio of c.t (For ideal Transformer)

$(N \propto \frac{1}{I})$ (يعني أي عدد لفات بيقل التيار ده آخر ثانوي .

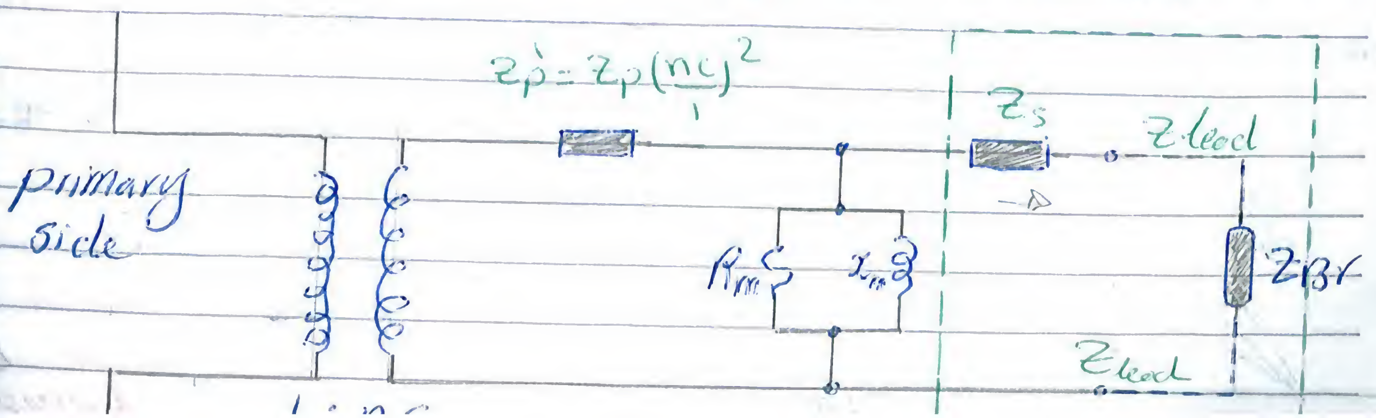
① equivalent circuit For c.t's.

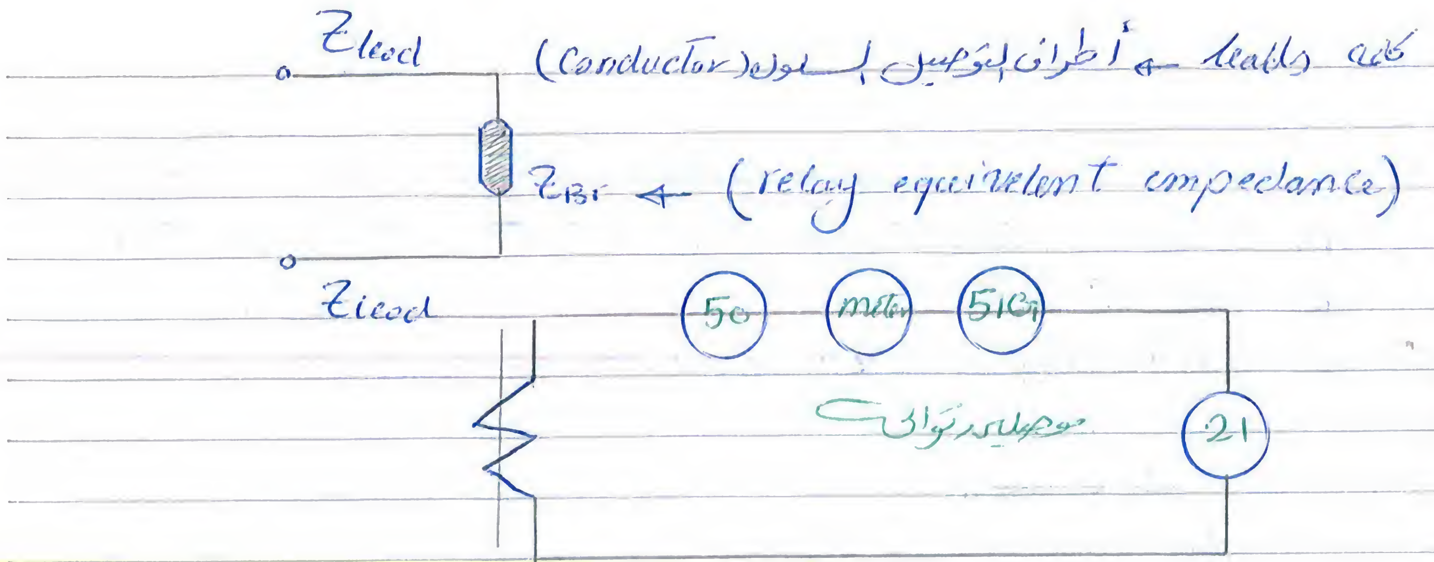
Z_P Z_{SC}

Primary side R_m X_m secondary side

1 : n_c

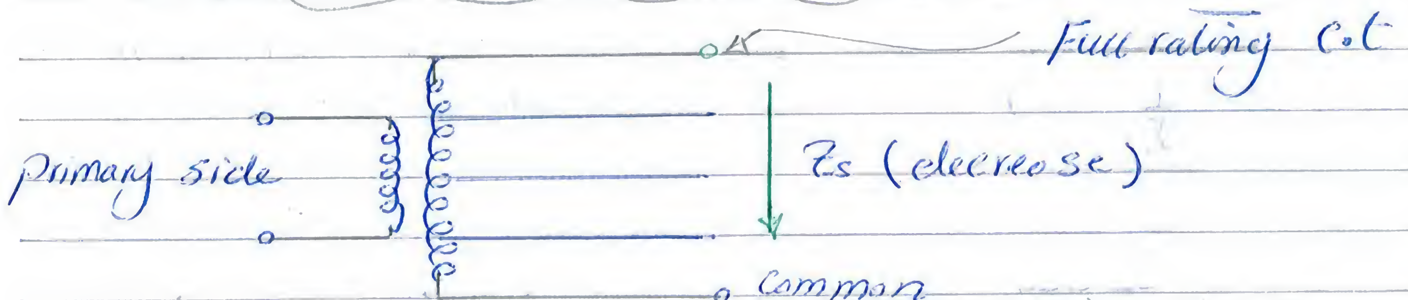
ولو أردنا العمل عند الثانوي تنقل جميع الـ parameter إلى الثانوي (الـ تنسيب إلى الثانوي)





∴ Relay Burden → وهي عبارة عن الحمل الموصل مع C.t

$$C.t\ Burden = Z_s + Z_{lead} + Z_{B\ relay}$$



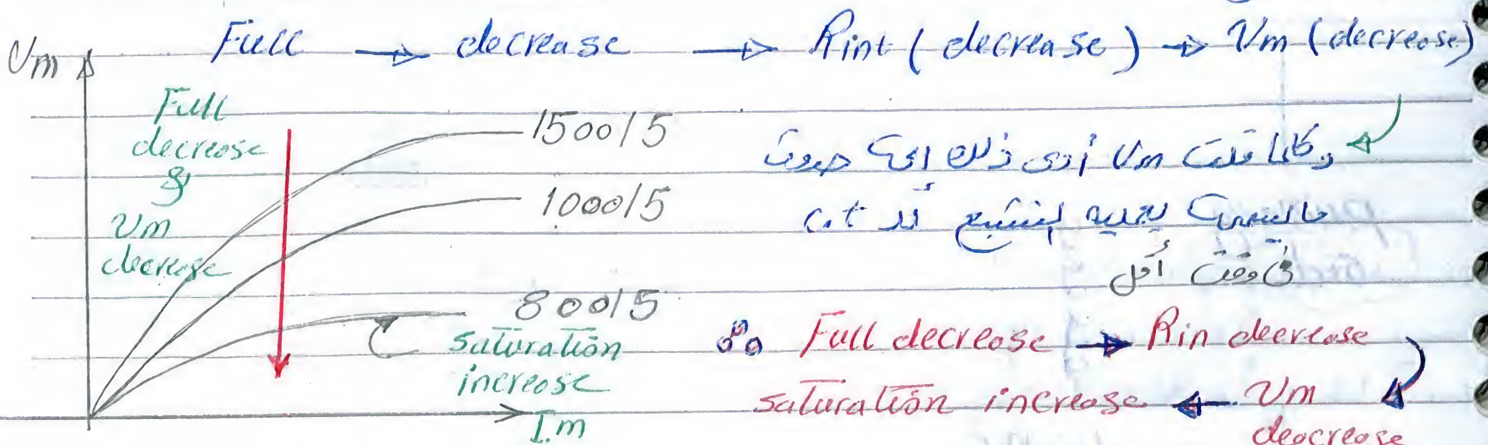
∴ لو نغير أعلى تشيك تحويل (هي أعلى نقطة) لو عدد لفات أكبر.

∴ The max out put voltage rating obtained when we select the Full rating

تقريباً بإعادة المقاومة الداخلية internal resistance فهي حاجة Full دلتس كلما اتحركنا إلى أسفل

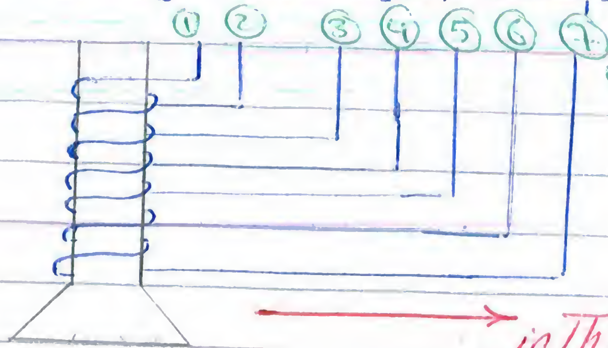
Full → decrease → Rint (decrease) → Vm (decrease)

وكلما قلت Vm أدى ذلك إلى حدوث saturation يعني يتشبع الـ C.t في وقت أقل



∴ Full decrease → Rin decrease → Vm decrease → saturation increase

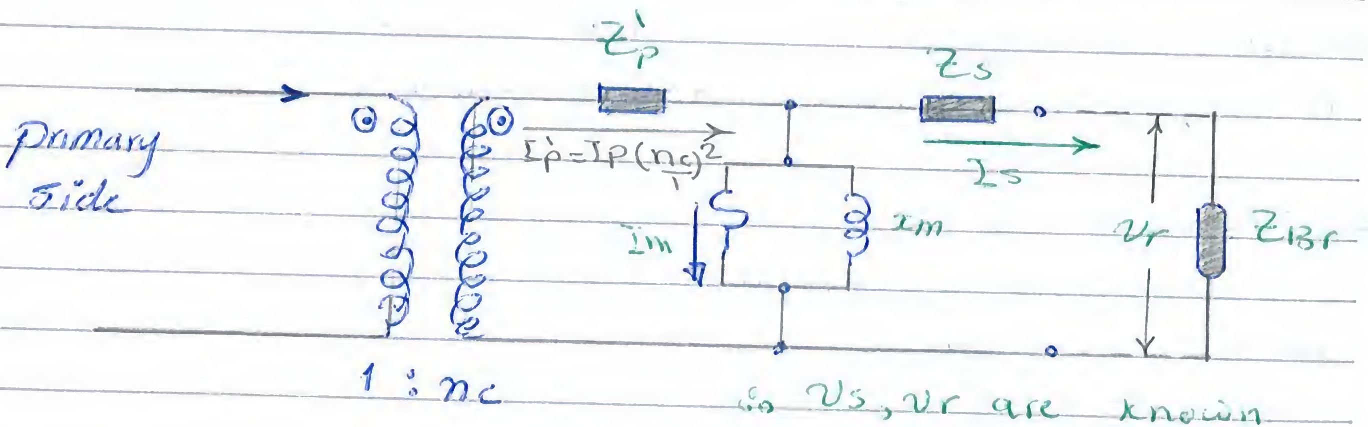
في الريلاي تشغل الـ input quantity على ملف ليه منافذ ويعمل تحويل لـ Torque
على moving element والمقصود بالمنافذ الملف الرئيسي كلما زاد عدد لفاته
كلما قل التيار



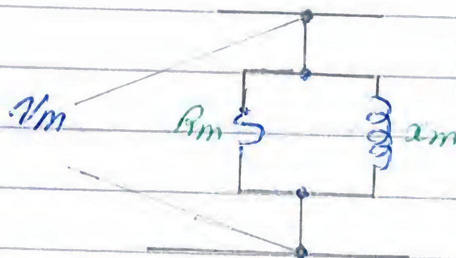
→ in This direction current increase.

ملاحظة ← مباشرةً كلما استخدم Relay ذو Tap أقل كلما زاد الـ Burden
وذلك لأنه سوف يسحب تيار كبير من c.t

∴ Equivalent circuit For c.t :



∴ V_s, V_r are known



∴ V_r → Voltage across the Relay. $= I_s \times Z_{Br}$.

∴ $V_r = I_s \times Z_{Br}$ = Ampere × Ω

لـ Burden للريلاي تعطى بالـ VA أو بالـ Ω مباشرةً أحياناً
بالـ VA لأنه يعد توضيح بالـ (Ω)

∴ Relay Burden in V.A = V_r . I_{relay} (rated)

$\therefore$ Relay Burden in VA = $V_r \cdot I_{relay}$ (rated current)

Voltamper of Relay = $Z_{Br} * I_r$(rated) $* I_r$(rated)

$\therefore$ Burden of Relay = $\dfrac{V.A\ (\text{of. relay})}{I_r^2\ (\text{relay rated})}$

$$\therefore \quad Z_B = \frac{V.A\ (\text{relay})}{I_r^2\ (\text{rated})} \quad \Omega$$

ما الفرق بين الـ rating والـ setting ؟

rating ← هو الـ Fullscale أو أقصى قيمة

setting ← هو الشيء المختار من scale وهو أقل من rated والذي معه الريلاي يعمل عنده (أي يعمل pick up عنده)

⚠

عند حل دائرة محول التيار (C.T.s) نبدأ من دائرة الثانوي تم معرفة تيار الثانوي (وهو تيار الـ pick up للريلاي وهو معروف) وبعد كدة يتم حساب تيار الابتدائي والغرض من ذلك هو حساب تيار المغنطة Im لان الذي يتسبب في حدوث error للريلاي هو تيار المغنطة (Im)

$$\overline{I_p'} = \overline{I_s} + \overline{I_m}$$

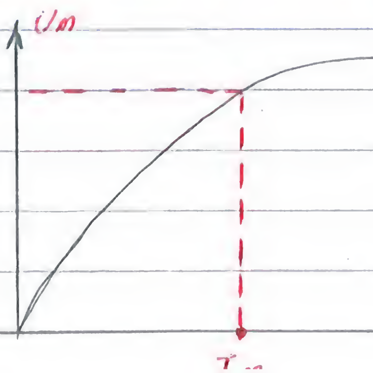
* نفترض ان تيار الثانوي معروف (I_s) وبالتالي نستطيع حساب الجهد على أطراف الريلاي وهو V_r

→ V_r

التيار متأخر بسبب Burden

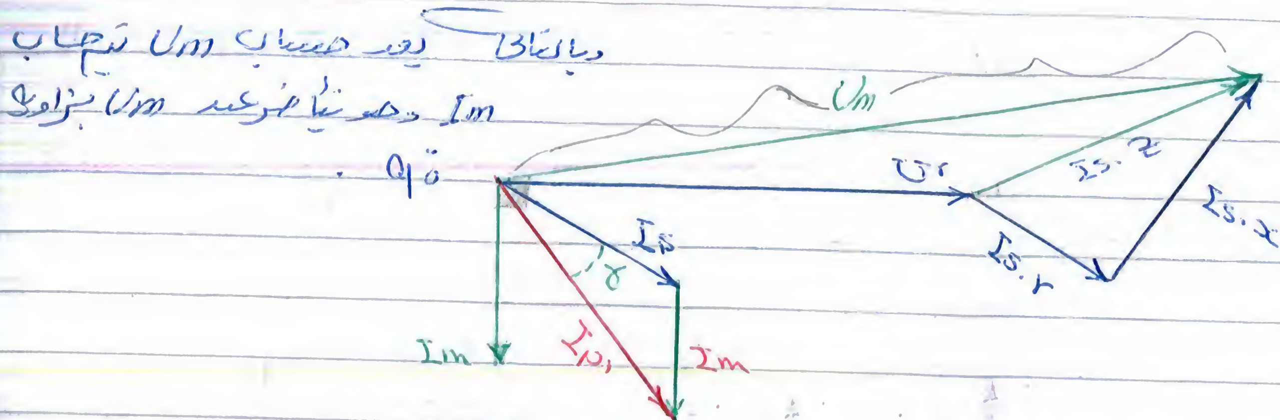
→ I_s (Lag)

ولحساب تيار المغنطة Im يتم حساب الجهد على أطراف دائرة المغنطة (Vm) وبعد ذلك من منحنى المغنطة (O.C.C) يتم حساب التيار Im .



$$\therefore V_m = I_s * Z_s + I_s * Z_{lead} + V_r$$
$$= V_r + I_s\,(\underbrace{Z_s + Z_{lead}}_{Z})$$

$$\therefore \; \bar{U}_m = \bar{U}_r + \bar{I}_s \cdot Z \quad \text{where} \quad Z = r + jx \; \Omega$$



⊗ وكما علمنا أن الـ error في محولات التيار تحدث نتيجة تيار المغنطة magnetizing current (Im)
حيث عندما يكون تيار المغنطة قليل Im<< تؤدي ذلك إلى تقليل الـ error وعندما يزيد Im>> يزداد الـ error .
عندما تحدث تشبع للـ C.t معنى ذلك أن تيار الابتدائي استعمله كله في دائرة المغنطة (أي تغيير ...) وبالتالي التيار كله يروح في دائرة المغنطة

$$I_m = \infty$$

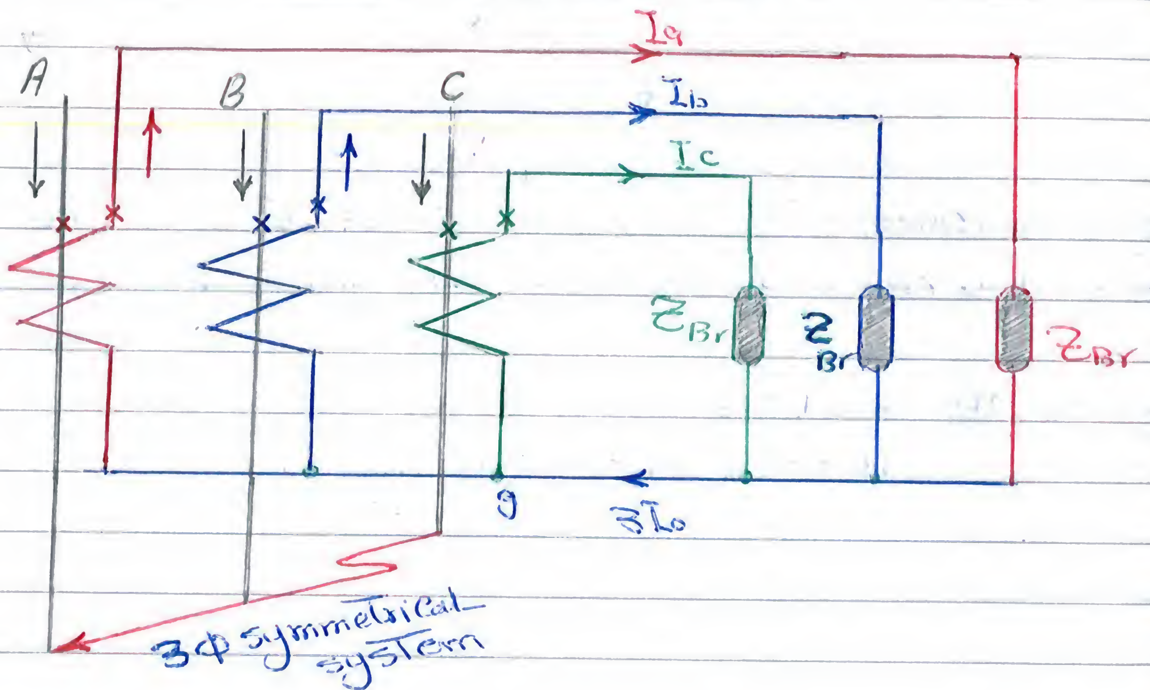
$$\text{C.t Turn Ratio \% Error} = \frac{I'_p - I_p}{I'_p} \times 100$$

C.t phase angle هي ← (δ) بزاوية
↳ or the angle between (I'_p and I_s)

⊛ C.t connection

يتم توصيل محولات التيار (C.t) مع الشبكة الكهربية بطرق متعددة.

① Star Connection without ground Relay :أولاً



⚠ لابد أن تكون محولات التيار C.t's لهم نفس نسبة التحويل وكذلك لا يستطيع الصنع أن يضمن أن يكون Two C.t's لهم نفس "magnetizing curve"

الغرض من هذا الرسم هو معرفة الـ Burden لكل Fault.

Case ① 3 phase Fault.

∴ $I_a + I_b + I_c = 3I_0$ ⟶ zero sequence

∴ The system is symmetrical (Balance) $I_a = I_b = I_c$

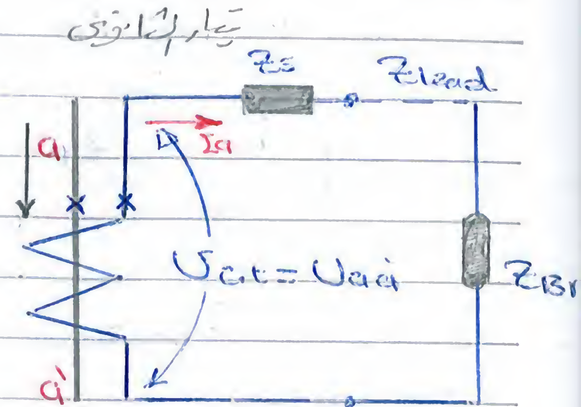
∴ $3I_0 = \text{zero}$

① Find the C.t Burden for such case (3Φ)

" يعني الـ impedance التي يتم تغذيتها بـ (C.t)

① أول شيء يتم ايجاد الجهد على أطراف ال c.t
② ثم بعد ذلك يتم حساب $Z_B|_{c.t}$

① Draw the circuit
② Find out voltage across c.t
③ $Z_B(c.t) = \frac{V_{c.t}}{I_{c.t}}$ ← تيار الثانوي



$\therefore V_{c.t} = V_{aa'}$

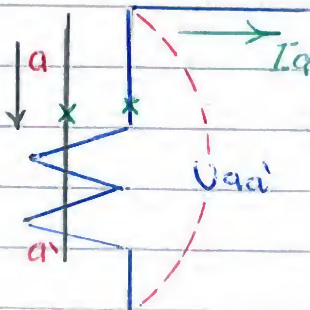
$\therefore V_{c.t} = I_a (Z_s + Z_{Lead} + Z_{Br})$

$\therefore Z_B|_{c.t} = \frac{V_{c.t}}{I_{c.t}}$

$\therefore Z_B|_{c.t} = \frac{I_a(Z_s + Z_{Lead} + Z_{Br})}{I_a}$

$\therefore Z_B|_{c.t} = Z_s + Z_{Lead} + Z_{Br}$ ← ال Burden الموجود على c.t وهو في 3 phase Fault

Case ② Single phase to ground (A — G) وكمية

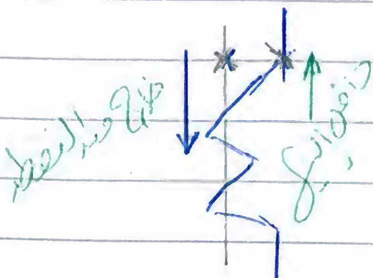


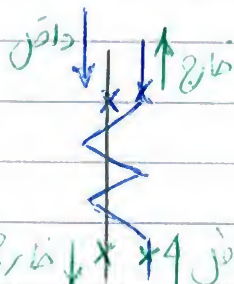
$\therefore I_b = I_c = zero$

$I_a = 3 I_0$

$\therefore V_{aa'} = I_a (Z_s + Z_{Lead} + Z_{Br})$

$\therefore Z_B|_{c.t} = \frac{V_{c.t}}{I_{c.t}} = \frac{V_{aa'}}{I_a} = \checkmark\checkmark$





c.t polarity ال (مهم خطر)

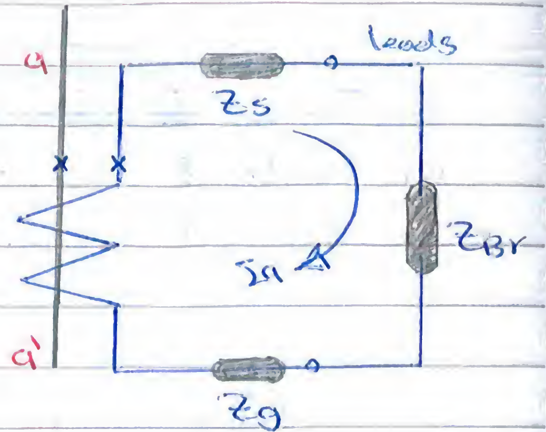
⚠ في حالة وجود مقاومة الأرضي Z_g نحطها في الاعتبار.

$\therefore V_{aa'} = I_a \cdot Z_g + I_a(Z_s + Z_{lead} + Z_{Br})$

$\therefore Z_B|_{ct} = Z_g + Z_s + Z_{Lead} + Z_{Br}$.

في حالة عدم وجود Z_g أصبح 3φ لفصلة هو 1φ-G

$\therefore Z_B|_{ct}\Big|_{3\phi} = Z_B|_{ct}\Big|_{A-G}$

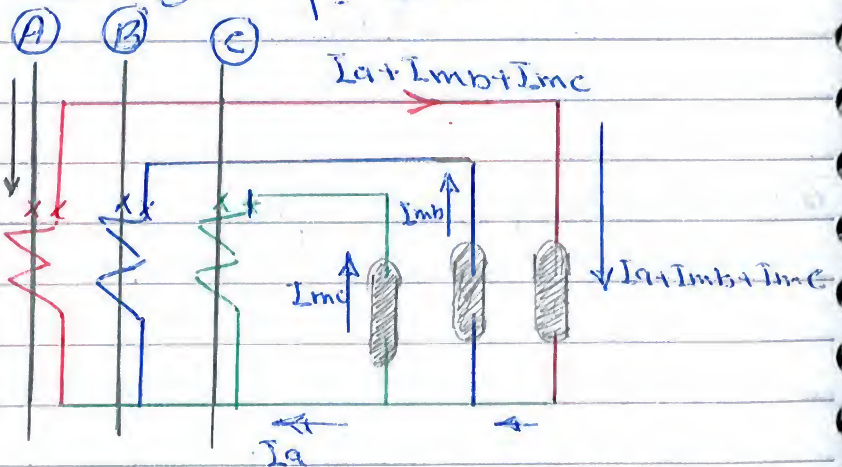


ملحوظة: لما فصلنا أحد تيار I_b و I_c كلاهما يساوي صفر ولكن تيار المنتظم (مها) لا يساوي صفر أي له قيمة.

الـ phase (A) يتم سريان تغذيه دائرتي المنتظم B و C وليس فقط (A)

$\therefore I_b = I_c = zero$

تاني:
$\therefore I_b' = I_b + I_{mb} = I_{mb}$
$\therefore I_c' = I_c + I_{mc} = I_{mc}$



Ⓐ واقعياً نتيجة وجود Z_g بعيد جيداً على $Ct|_B$ و $Ct|_C$ هذا الجهد مسلط على دائرة المنتظم (مها).

غرز: نستعمل simulation (يتا أبوع سد ct تعرف على أثر الكلام كلهat) A-G لأنه يعطي جهد على أطراف ct عالي جداً.

Case (3) line to line Fault (B & C)

A B C

I_b

I_c

∴ I_a = zero

$I_b = -I_c$

∴ $3I_o$ = zero

∴ $V_{bb'} = I_b(Z_s + Z_{load} + Z_{Br})$

∴ $Z_{bb'} = \frac{V_{bb'}}{I_b} = \underbrace{Z_s + Z_{load}}_{Z} + Z_{Br} = Z + Z_{Br}$

with ground relay

يتم وضع ريليه في الطريق بالأسفل Z_g

A B C

5a

3φ فولط

$3I_o$ = zero

$V_{aa'} = I_a(Z_s + Z_{load} + Z_{ra}) + I_o \times Z_g$ (0)

∴ $Z_B\Big|_{C.t} = Z_s + Z_{load} + Z_{ra} = Z + Z_{ra}$

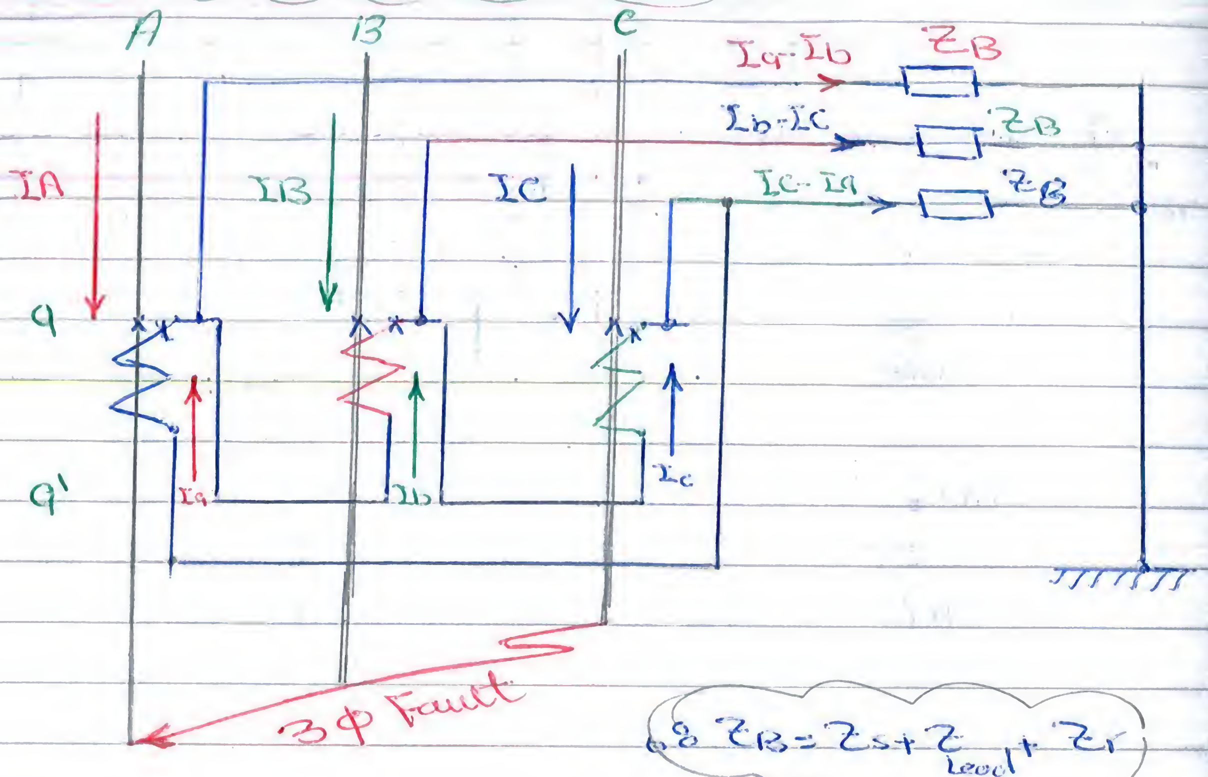
line to line

∴ $V_{bb'} = I_b(Z_s + Z_{load} + Z_{Bb}) + 0 \times Z_g$

∴ $Z_{bb'}\Big|_{C.t} = \frac{V_{bb'}}{I_b} = Z_s + Z_{load} + Z_{rb} = Z + Z_{rb}$

زي ما في الـ 3φ

⊛ C.T's Delta Connection



∴ $Z_B = Z_s + Z_{Lead} + Z_r$

← للحصول على Burden تم حساب الجهد على أطراف C.T وتقسيمه على التيار

∴ $V_{aa'} = (I_a - I_b) Z_B - (I_c - I_a) Z_B$

$V_{aa'} = Z_B (I_a - I_b - I_c + I_a)$

∴ $V_{aa'} = Z_B (2I_a - \underbrace{(I_b + I_c)}_{-I_a}) = 3 Z_B I_a$

∴ $V_{aa'} = 3 Z_B I_a$

∴ $Z_B \text{ of } C.T_{aa'} = \dfrac{V_{aa'}}{I_a} = \dfrac{3 Z_B \cancel{I_a}}{\cancel{I_a}} = 3 Z_B$

◁ خطر على محول التيار C.T (في حالة توصيل الدلتا)

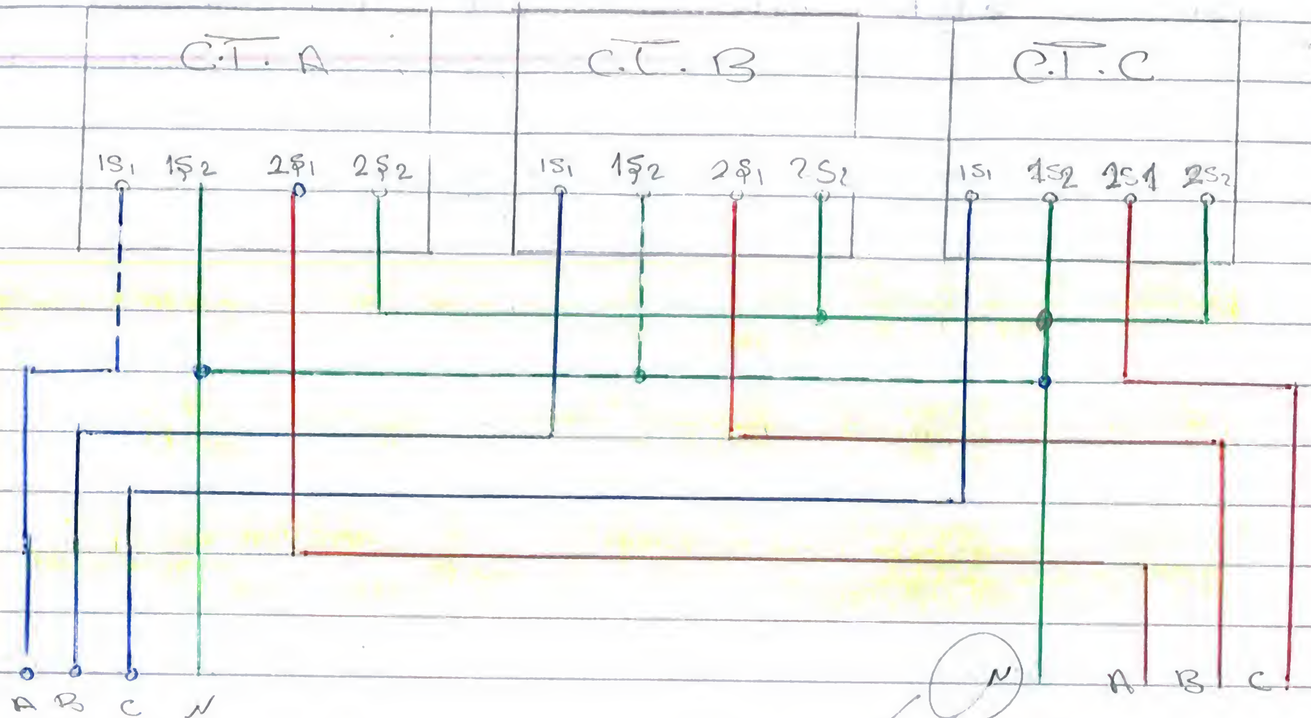
الـ Burden على C.T عند توصيل delta يساوي ثلاثة أضعاف في حالة 3φ Fault

تكون ثلاثة أضعاف الـ Burden في حالة Star connection.

ملاحظة. التيار الذي يمر في C.T هو [illegible] $(I_a - I_b)$

~

(Star connection) توصيلة الستار لمحولات التيار



For Measuring
نفس الـ روزته تنزل على
أجهزة القياس Metering

For protection
نفس الـ روزته دي بتخرج على
أجهزة الوقاية (O.C , E.F)

Estimation of C.T's performance

لكي يتم إنشاء الصدأ بمحول التيار مناسب أو غير مناسب يعني لو الريلاي مشتغلش هل السبب هو الـ C.T أولاً ثم .. وعندها كان لزاماً علينا حساب معدل أداء (performance) لمحول التيار الـ C.T .

* يتم حساب الـ performance بثلاث طرق .

① Formula Method . (performance of C.T By classical analysis)

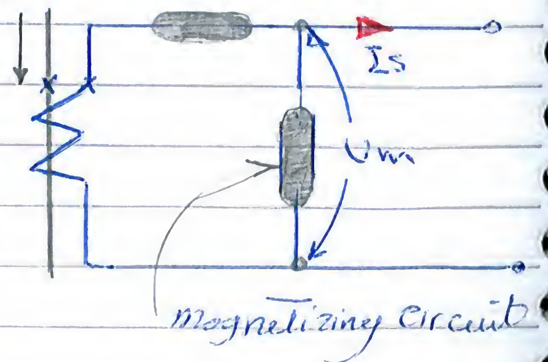
② Magnetizing clcs curves (C.T excitation curve)

③ The ANSI Transformer relaying accuracy classes.

الطريقة الأولى والثانية تسمى (International stander Method)

* The First Method (Formula Method). الطريقة الأولى

في هذه الطريقة نبحث عن الـ emf خرج الـ C.T .



يتم حساب الـ B (Flux density) ولو طلعت الـ B أقل من الـ limit المعطى C.T ok
ولو الـ B أكبر من الـ limit المعطى حيث ما يعني بالضبط saturation للـ C.T وبالتالي حيث الـ error في الـ C.T ولا يصلح الأداء ثم على شيء التشغيل الـ B

$$V_m = I_s * Z_{B\,tot}$$

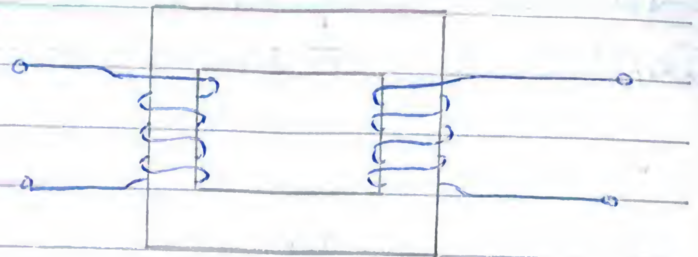
$$V_m = I_s \, (Z_s + Z_{lead} + Z_{Br})$$

طيب كيف نحسب الـ Flux density (B) ؟

إزاى أحسب B ؟

∴ $V_m = I_s * Z_{B\,tot}$

$V_m = \text{vv}$



∴ $E = 4.44\,F B A \cdot N * 10^{-8}$

∴ $E = V_m$

∴ $B = \dfrac{V_m}{4.44\,F A * N * 10^{-8}} = \text{vv} \dfrac{\text{lines}}{\text{inc}^2}$

. For example

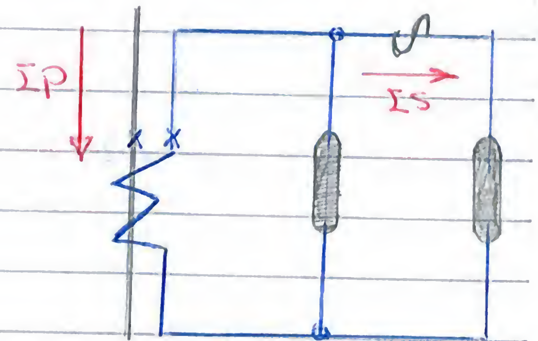
C.T using silicon steel cores, $A = 3.1$ inc²

$Z_s + Z_{lead} = 0.31\,\Omega$, C.T Ratio = 2000/5

The max Current For which C.T must operate is 40,000A at 60Hz, $Z_{Br} = 2\,\Omega$ (relay Burden)

will this Current Transformer saturate ?

Sol.



∴ $I_P = 40{,}000A$

∴ $n_c = \dfrac{I_P}{I_S}$

∴ $n_c = \dfrac{2000}{5} = 400$

∴ $I_S = \dfrac{40000}{400} = 100A$

∴ $V_m = 100 * (0.31 + 2) = 231$ volt.

the range of Flux density $(75000 \frac{\text{line}}{\text{inc}^2} \rightarrow 125000 \frac{\text{line}}{\text{inc}^2})$

∴ $V_m = V_{eff} = 231$ volt.

$B_{max} = \dfrac{231 * 10^{8}}{4.44 * 60 * 3.1 * 400} = 70000 \dfrac{\text{lines}}{\text{inc}^2}$

∴ $B_{max} < 75000 \rightarrow 125000$

∴ C.T is ok → will not saturate

Excitation Curve Method — الطريقة الثالثة

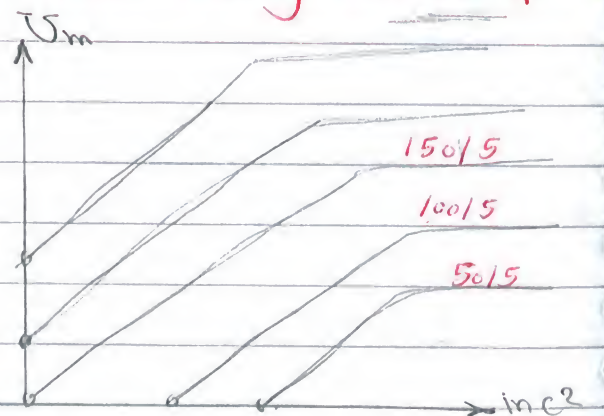
وفي هذه الطريقة تحتاج إلى منحنى الـ O.C.C وأنا لم أفهم الفقرة التالية وتم رسمه
من الـ O.C Test حيث من خلاله تم معرفة حمل الـ C.T هل هو يشتغل قبل أو بعد
الـ Knee point (نقطة التشبع)

تم حساب الـ Vm عبر الـ C.T ثم تم حساب Im ويتم جمعه على تيار الـ Is
ولو الـ Error أعلى من (10%) فتكون مرفوض والعكس مقبول.

Example

The breaker has a multi ratio 600/5 bushing C.T and the feeder is protected with O.C Relays. $I_P = I_{pickup} = 60A$

$(Z_B + Z_S + Z_{lead}) = 1.6\,\Omega$ when $I_{relay} = 6$ Amp



Turn ratio (50/5) — في البداية تم اختيار نسبة التحويل الـ الأقل للتيار الـ pickup وبعدها يتم عمل الـ check

∴ select C.T ratio $= \frac{50}{5} = 10$

$$I_s = \frac{I_P}{n_c} = \frac{60}{10} = 6\ Amp$$

∴ $V_m = I_s \times Z_{B\,Tot} = 6 \times 1.6 = 9.6$ Volt

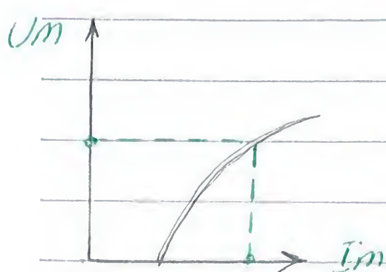
Im نجيب (50/5) بالنسبة From O.C.C على أساس الـ منحنى نوع الـ

From O.C.C (50/5) ratio

∴ at 9.6 Volt, $I_m = 6$ Amp

∴ $I_P' = 12A$

∴ $I_P = 12 \times 10 = 120A$



بالرغم من أن الريلاي المفروض يشتغل عند 60A

$\therefore$ Error $= \frac{120 - 60}{60} * 100 = 100\%$

This C.T Ratio is rejected

⚠ أعلى error مسموح به هو 10% وبالتالى تم تقليل الـ $Z_B|_{Tot}$ أو تغيير الـ C.T Ratio

$\Rightarrow$ select the next Ratio (100/5)

$\therefore n_c = \frac{100}{5} = 20$, $I_{pickup} = 60A$

$\therefore I_s = \frac{60}{20} = 3A$ $\Rightarrow$ select the Top Relay

لأن تحمل هذا التيار.

$\therefore Z_B|_{Tot} = 3\,\Omega$

$\therefore V_m = I_s * Z_B|_{Tot} = 3 * 3 = 9$ volt.

From o.c.c (100/5) get $\Rightarrow I_m$

$\therefore I_m = .5A$, $I_p' = I_s + I_m = 3.5A$

$\therefore I_p = 3.5 * 20 = 70A$

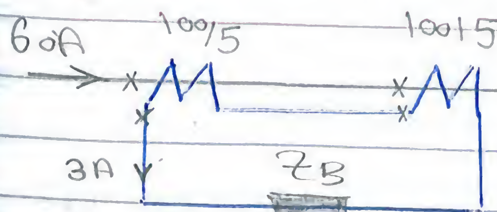
$\therefore$ Error $= \frac{70 - 60}{60} * 100 = \frac{1}{6} * 100$

Error $\Rightarrow < 10\%$

تم عمل ذلك عدة مرات حتى
تقليل الـ ratios التي تقلل الـ error.

Two C.T's مع بعض

⊕ أيضاً لتقليل الـ error نقوم بتوصيل
على التوالي (لـ Burden يزيد)



$\therefore V_{relay} = 3 * Z_{Br}$
$= 3 * 3.08 = 9.24$ volt.

$\therefore V_m = \frac{9.24}{2} = 4.62$ volt.

From o.c.c (100/5) get $I_m = .33A$ $\Rightarrow I_p = I_s + I_m$

$\therefore I_p = 3 + .33 = 3.33A$ $\Rightarrow I_p = 3.33 * 20 = 66.6A$

$\therefore$ Error $= \frac{66.6 - 60}{60} * 100 = 11\%$

∴ 50G ⟹ يتم ضبطه على الفعلي ÷ C.T.s ثم
يتم ثانياً ضبطه

∴ 50N ⟹ تضبط على neutral

① Minimum operating Current

a. phase O/C relay 50a
b. Ground relay 50G.

وهو لقيمة حساب أقل تيار يمر في الابتدائي يجعل الريلاي يعمل pick up بالنسبة لقيمة الضبط لأقل واحد فيهم.

(minimum pick up value of input) أي حساب quantity which pass through primary side that produce sufficient Torque start To move moving element in Relay To close Trip circuit, hence issue proper Trip command To C.B mechanism to clear the Fault as quickly as possible.

For Example For The Figure shown Find the minimum primary Current That will operate the phas and Ground Relay. (50 and 50G)

Total phase Burden = equal (0.68 + 0.08) = 0.76 Ω =

So $R_{bG} = 22\ \Omega$

⟹ For phase Relay 50 A

$I_{pickup} = 5A$

⟹ For the Grounding Relay $I_{pickup} = 0.5$ Amp

I_{pa}
I_{pb}
I_{pc}
5A
5A
5A
50a
50b
50c
0.5A
22 Ω
50G
$3I_0 = $ zero

عند دراسة phase Relay نعتبر الأعطال هي فقط 3ϕ Fault حتى لا تكون هناك أي Zero sequence component أي لا يكون هناك تيار يمر في Ground Relay

* We Consider 3phase Fault occure only in the system.

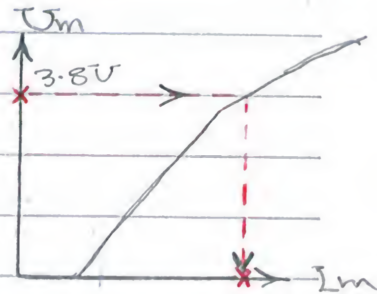
∴ Consider that the phase relay just pickup

∴ $I_{pickup} = 5$ Amp

V_m across the magnetizing circuit of C.T's.

$$\therefore V_m = I_S * Z_{B}\big|_{Tot} + I_{SG} * Z_{BG}$$

$$V_m = 5 * 0.76 + 0 * 0.22 = 3.8 \text{ Volt}$$



⇒ From (100/5) C.T magnetizing curve

at $V_m = 3.8$ Volt ⇒ $I_e = I_m = 0.28$ A

$$\therefore I_p' = I_m + I_S = 0.28 + 5 = 5.28 \text{ A}$$

I_p' ⟶ primary current refered to secondary side

$$\therefore I_p = I_p' * n_c = 5.28 * \frac{100}{5} = 105.6 \text{ A}$$

∴ $I_p = 105.6$ Amp ⟵ minimum value.

(⟵ أقل تيار في الـ primary يخلي الـ phase relay يعمل pickup وأقل من كده الريلاي لا يعمل ولذلك أوجدنا الـ error)

$$\therefore \text{Error} = \frac{105.6 - 100}{100} * 100 = 5.6\%$$

⟵ C.T's OK لأنها أقل من (10%)

* أما بالنسبة للـ Ground Relay

⊄ ما هو الـ Fault الذي يجعل الريلاي يعمل؟

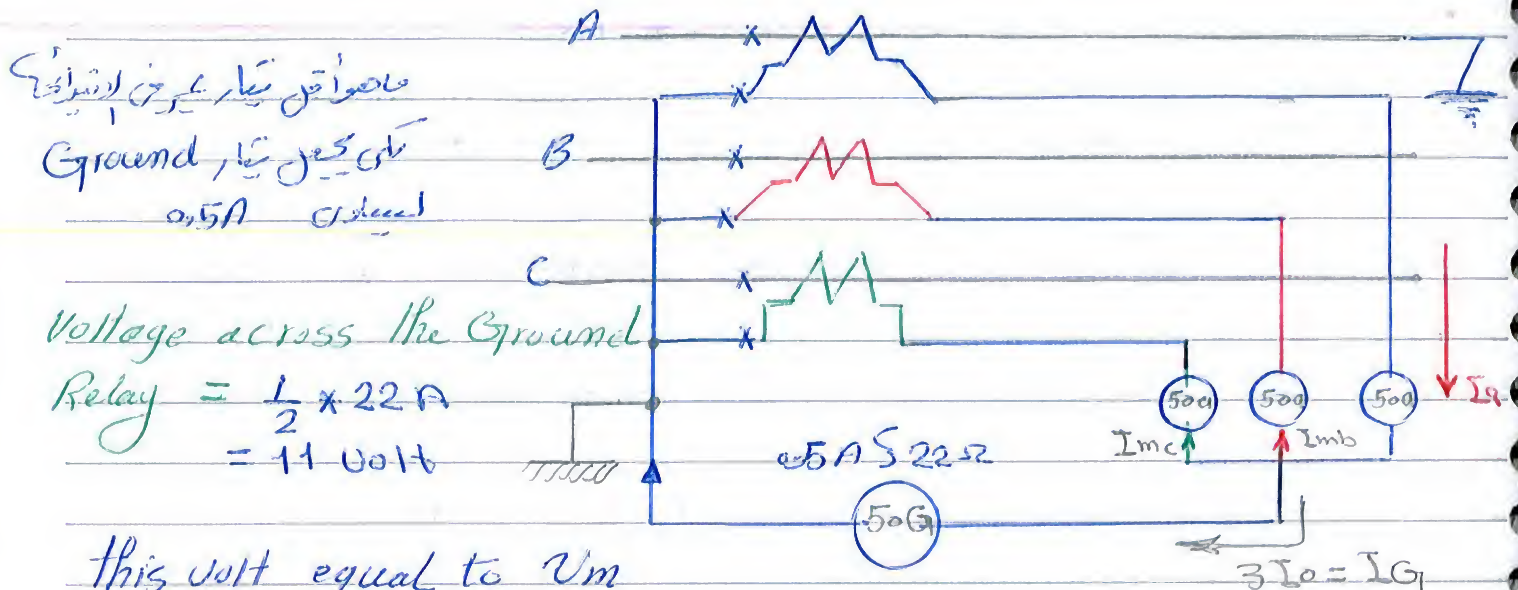
الـ Fault الذي يحصل بين الـ Ground يعني هو line to Ground Fault

⊛ Consider single phase to ground occure and the Ground Relay just pick up



∴ $I_A = I_{s.c}$, $I_B = I_C = 0$ } primary side

∴ $I_a = I_s$ & $I_b = I_c = \text{zero}$ → secondary



Voltage across the Ground Relay $= \frac{1}{2} \times 22\,A = 11$ Volt

this volt equal to Vm of the healthy C.T's

⇒ From O.C.C (magnetizing curve) (100/5) get I_{mc} or I_{mb}

∴ $I_{mc} = I_{mb} = 0.6\,A$ ← I_a

∴ $I_a = I_{mb} + I_{mc} + I_G = 0.6 + 0.6 + 0.5 = 1.7$ Amp

∴ $V_{aa'} = I_s \times Z_{R|Tot} + I_G \times Z_{BG}$

∴ $V_{aa'} = 1.7 \times 0.76 + 0.5 \times 22 = 12.3$ Volt.

From O.C.C (100/5) get $I_m = ??$

∴ $I_m = 0.8$ Amp ⇒ $I_p' = I_s + I_m$

∴ $I_p' = 1.7 + 0.8 = 2.5$ Amp

∴ $I_p = I_p' \times n_c = 2.5 \times \frac{100}{5} = 50$ Amp

This value Required To operate the Ground Relay.

IF The magnetizing requirements of three C.T had been ignored. The Current required To operate the Ground relay 10A primary. (Ime≤Imb <<< مفقد.

$\therefore I_a = 0.5 \Rightarrow I_a = I_{G1} = 0.5\,A$

$\therefore I_P = 0.5 * \frac{100}{5} = 10\,A.$

ANSI Standard (C.T name plate) الطريقة الثالثة

ANSI ⇒ That mean American National Standerd Institut.

مثلاً (ANSI) تغير ال C.T التحديد

① Letter designation

C : The Transformer ratio Can be Caculated تحسب

T : The Transformer ratio must be determined by Test

∴ C (By caculation) , T (By Test)

name plate ← وهما موجودين على

⚠ لو C.T مكتوب عليه T أو C معنى ذلك أنه هنا بـ C.T محسوب بنظام الـ (ANSI)

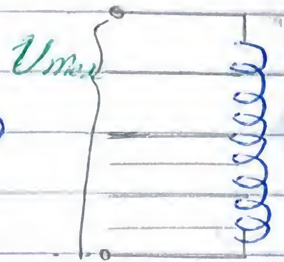
* The (C) classification covers busing Current Transformers with uniformly distributed winding, and any other Transformer whose Core leakage flux has negligible effect on the ratio within the difined limit.

* The (T) classification covers most wound type Transformers and any other Transformer whose core leakage flux affects the ratio appreciably.

② Max voltage can be provided by the C.T across the Full range of the winding.

⊛ The secondary Terminal voltage rating :-

It's the voltage that the Transformer will delivered to a standard burden at 20 times of nominal secondary current, without exceeding a (10%) error.



← أقصى جهد يكون على أطراف الـ secondary Terminal أي الـ Full range
وذلك عندما يكون عليه الـ Burden القياسي و المار تيار قدره 20 مرة قدر تيار الـ nominal secondary current بحيث لا يزيد الـ error عن (10%)

⇐ لأننا أخذنا في الاعتبار المقاومة الداخلية للـ C.T الذي يعطي الـ Vmax للـ C.T
بالشرط الثاني ← يتحقق حيث أن الـ Error لا يزيد عن 10%

⊛ كيف تم تفسير الـ Name plate ؟ .

By Test ← T 400

By Calculation ← C 600 > max Voltage

Example

C.T 1200/5 , C 200

$I_{max, primary} = 12000$ Amp

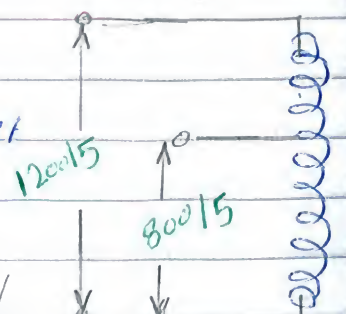
if we use 800/5 , $Z_{Burden} = 2.4\ \Omega$,

will error exceed 10% ? if so what corrective action can be taken to reduce the error.

الحل

At 1200/5 ⟶ $V_{max} = 200$ volt

800/5 ⟶ ??



$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \Rightarrow V_2 = V_1 \times N_2 / N_1$

$$\therefore U_{max}\Big|_{800/5} = U_{max}\Big|_{1200/5} \times \frac{N|_{800/5}}{N|_{1200/5}} = 200 \times \frac{800/5}{1200/5}$$

$$\therefore U_{max}\Big|_{800/5} = 133.3 \text{ volt}$$ → هنا هو الجهد الذي يكون على الـ Full range (800/5)

وعشان الـ Burden المقاس وهي (2.4 Ω) المحدد الـ 20 Is at rated كي لا يكون هناك error يزيد عن الـ 10% ولكن هنا نعلم صحيح في هذه الحالة أن يكون هناك error .

نعمل check .

$\therefore U_{max} = 2.4 * 20 I_s = 2.4 * 20 * 5 = 240$ Volt.

← معنى ذلك أن الجهد 133.3 غير كافي لامرار (20 Is) خلال الـ Burden المعطاة عند 800/5 ورغم أن أقصى جهد تتحمله هو على 800/5 والجهد اللازم لامرار هذا التيار خلال الـ Burden المعطاة هو 240

(133.3 volt) U_{max} < 240 volt

→ C.T will saturate

⇒ To reduce the error

① اما نختار الـ C.T بـ Turn ratio عالية

② او تغير الـ Burden للـ C.T

∴ IEC Standard

انظر على الـ name plate تلاقي

① الـ C.T Ratio

② تعطي الـ V.A

③ تعطي الـ error

④ للحماية أو للقياس

(C.T ratio , V.A , 5 , P or M , 20 or 5)

protection ← | → Measuring

← الـ error لا يزيد عن 5% لو عدى (20 Is) من تيار الثانوي

* 1500/5 , 30 V.A , 10% P 30)

← الـ error لا يزيد عن 10% لو اعتبار 30 مرة من تيار الثانوي

③ Auxilary C.T or Matching C.T's.

هذا النوع نوصل بعد محول التيار الرئيسي (main C.T) وذلك لـ

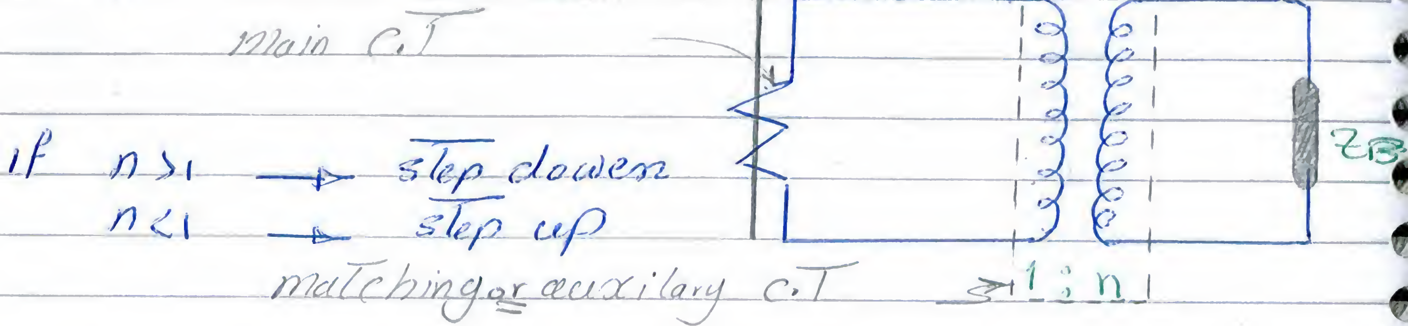
① تحديد الـ error

② له أطراف متعددة الابتدائي والثانوي عكسه تتغير الـ step up أو step down التيار

③ تجعل من خلاله الـ Burden الـ main C.T تزيد أو تقل.

عيبه

في حالة استخدامه تقل الـ Reliability



if $n > 1$ → step down
$n < 1$ → step up
matching or auxilary C.T

← يمكننا أن نحدد الـ Burden التي على الـ main C.T بحيث نحتاج Auxilary C.T

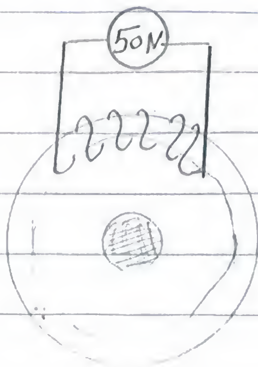
$$\therefore Z_B' = Z_B \left(\frac{1}{n}\right)^2$$

when $n > 1$ → step down ∴ Z_B' → decrease.

---

* Ring Type Current Transformer.

هو إحدى محولات التيار وهو عبارة عن حلقة تشبك نسبة التيار وتسمية التحويل لهذا النوع دائماً تكون (50 : 5)
ويوصل دائماً بـ instantinous Current Relay.

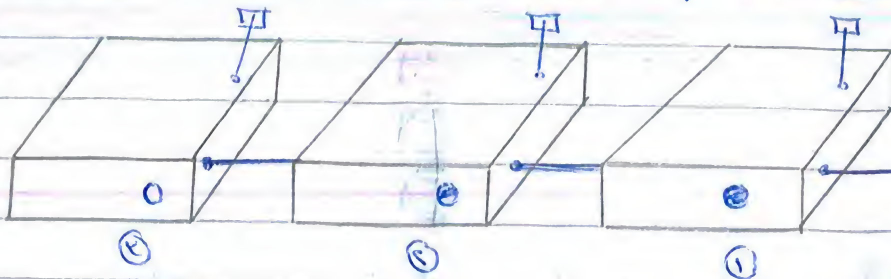


← هذا الريلاي يتصل مباشرة بالحلقة ويقوم بتوصيل معظم الشان الكهرباء

Δ أي لمبة أو جرس موصلة بها مرآة mirror.
عبارة عن دائرة تستخدم إلى تشغيل المنشآت بلوحة أخرى والشانى الأخيرة

بمجرد حدوث fault لـ البيانات الخاصة بالإشارة تكون تغذي له

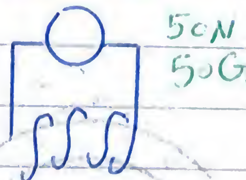
الريلاي المتصله بيه في كشك الأكبر بعد -
سيلتاي ولكن نعرف مكان الـ Fault ما بين عدد من الكشك كالتالي



يتم ربط الريلاي على
الكشك الأكبر بعد فاذا كان
كشك ① و ② لمبة الريلاي بها مضيئة والآخر ③ مطفية يبقى الـ Fault ما بين
كشك ② و كشك ③ .

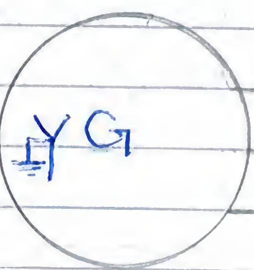
Three phas (3φ) Ring Type :-

This Type consist of a c magnetic Toroid core around which a distributed secondary winding is wound.
It's a very useful in protection at lower voltage



:- pick up value = 0.25A

Source
Generator
Transformer.



→ IA
→ IB
→ IC

ثم الثلاث موصلات عبر الحلقة
تيارات الإبتدائي IA, IB, IC والقياس الثانوي

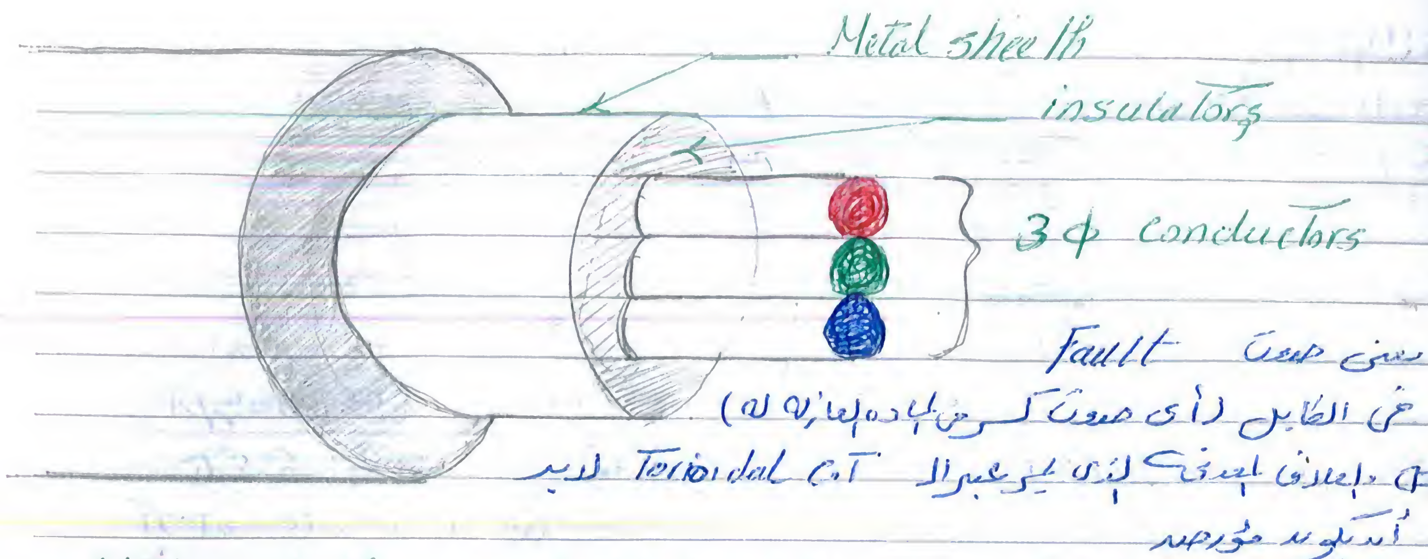
$i_a + i_b + i_c = 3I_0$

:- reproduce $= I_A + I_B + I_C = \sum i_{phase} = 3I_0$

* بالنسبة لـ Transmission system في حالة 3φ symmetric $I_A = I_B = I_C$
بالتالي لا تتولد airgap بالتالي لا يتغير في الثانوي ولا يعمل الريلاي .
* من أهم مميزات إستخدام الـ ring type أنه حلقه واحده تستخدم لـ (3φ)

* أما بالنسبة للكابلات (Cables) : فالكابل ← هو عبارة عن مجموعة

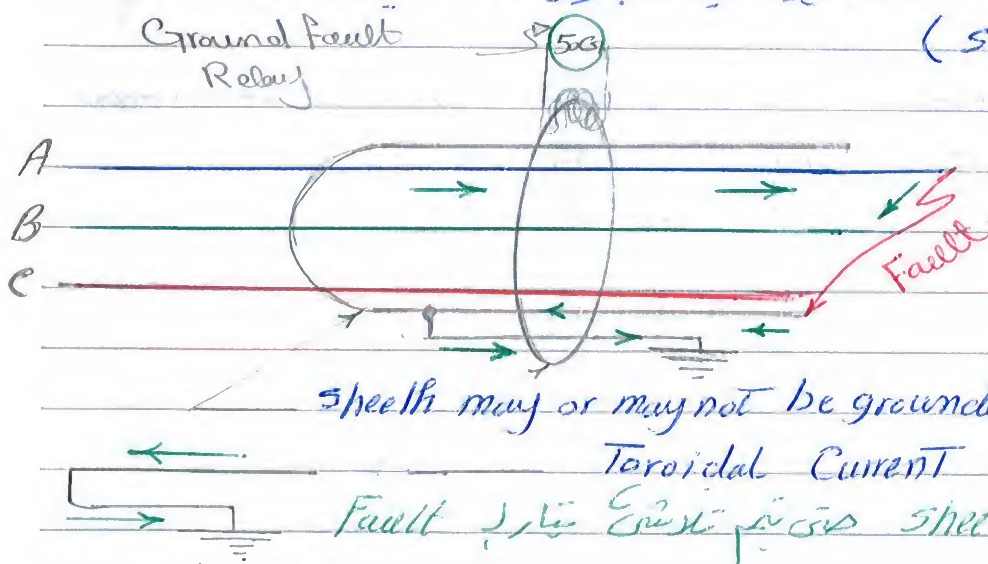
الموصلات محاطة بطبقة من العازل وغلاف معدني Metal sheath



يعني حدث Fault في الكابل (أي حدث كسر من الداخل مثلا) ⇐ والعلاقة الصفرية اللي بيعبرها الـ Toroidal CT لابد أن يكون موجود

⊗ Metalic sheath or shielded cables passed through the Toroidal CT can result in cancellation of the Fault.

وهذا الـ cancellation قد يكون كلياً أو جزئياً وهنا نعتمد على (sheath grounding)



sheath may or may not be grounded at load or else where

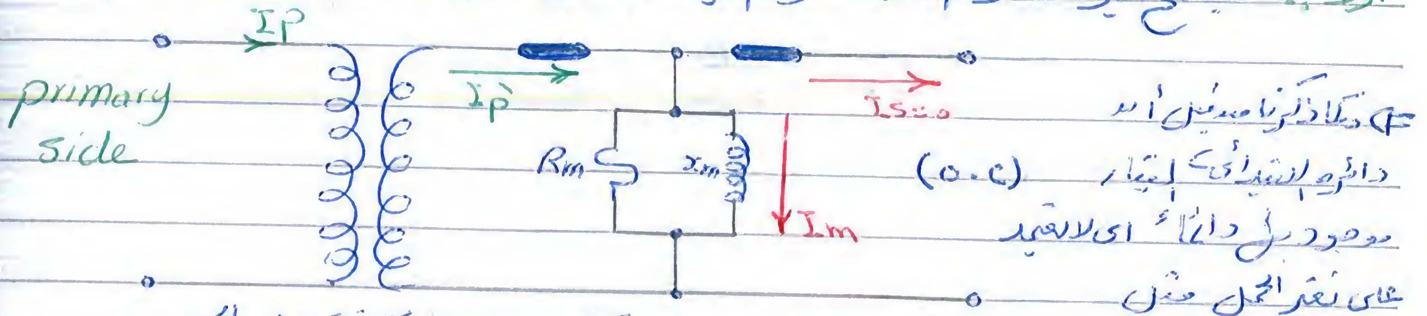
Toroidal Current Transformer.

⇐ يتم تأريض الـ sheath حتى يتم تلاشي تيار الـ Fault

Current Transformer open circuit

Is it allow to let The secondary circuit For current Transformer open or not ? and why ??

أولاً: لا يسمح بترك دائرة الثانوي لمحول التيار أبداً تكون مفتوحة (open circuit)



⟸ كما ذكرنا سابقاً أن دائرة الابتدائي للتيار (o.c) موجود بها دائماً أي لا يعتمد على تغير الحمل مثل

في ال power Transformer وبالتالي فإن Ampere Turn لا تتوقف على الحمل.

⟸ وبالتالي إذا تركنا دائرة الثانوي مفتوحة (Is=0) فإنه يتحول تيار الابتدائي كله إلى دائرة المغنطة ($I_p \cong I_m$) أي أنه يستهلك كله في دائرة المغنطة وبالتالي تتولد قوة دافعة كهربية عالية جداً (large emf) على أطراف الثانوي (وتتغير حسب حالة مسار الأخطاء) محولات التيار (CT) وهذا قد يؤدي إلى تعرض العاملين إلى حدوث صدمات كهربية تؤدي إلى الوفاة.

⟸ ومن هنا ← لا يسمح بترك دائرة الثانوي مفتوحة (open circuit)

⟸ ما الذي يجعل دائرة الثانوي مفتوحة؟

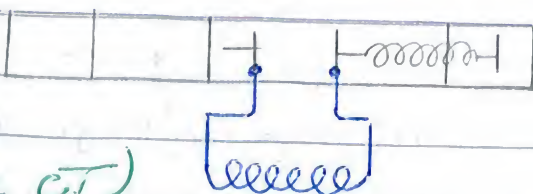
① سحب الريلاي من على CT's

② أن تكون ال Burden عالية جداً (وبالتالي Is=0 ويحدث ما سبق ذكره)

⊗ لضمان أن يكون ال CT دائماً مقفل في حالة سحب الريلاي وذلك لتشغيل

① وذلك بواسطة استخدام Terminal Block مع وجود يايات (spring, live contact)

وبالتالي الريلاي أي سحبه تطور ال contact ويتم عمل s.c على CT

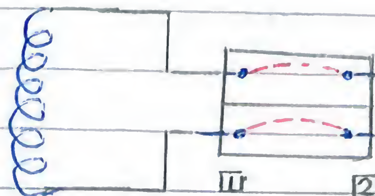


(From CT)

طريقة أخرى ②

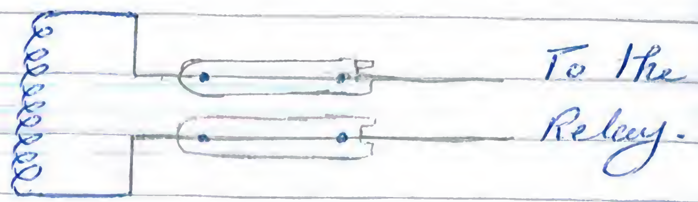
لا يستعمل Bridge حيث يتم التوصيل بطرف [1] بواسطة مقبض [illegible] إلى التوصيل

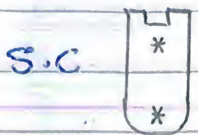




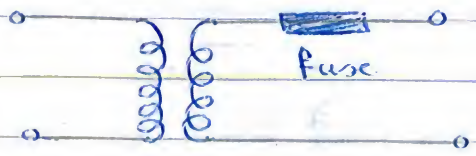
To The Relay

يوجد مفتاح يسمى بالـ (Test switch)
يستخدم لإخراج الريلاي ويعمل S.C على
أطراف الـ C.T وبالتالي تصير دائرة الثانوي
دائماً مغلقة





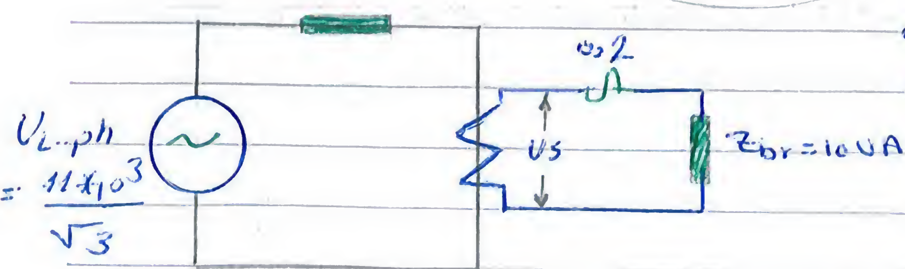
⊛ أيضاً لا يجب وضع fuse في دائرة الثانوي ؟
وذلك لأنه لو ضرب الـ fuse الـ C.T يصير O.C وهذا غير مسموح به.



Ex 3 C.T open circuited

Net work, ($V_{L-L} = 11\,KV$), with thevenin impedance ($Z_{th} = 21.2\,\Omega$), a C.T is connected to feed an 50 Relay having a burden = 10 VA with ($I_{pickup} = 5A$) Having (15 VA), 300/5, $5P_{10}$, $r_L = 0.2\,\Omega$, $r_m = 150\,\Omega$ and ($X_m = 50\,k\Omega$), if the secondary terminal of the C.T get open circuited.
Caculate the voltage across the C.T Terminal

sol.



$\therefore V_{L-L} = 11\,KV$

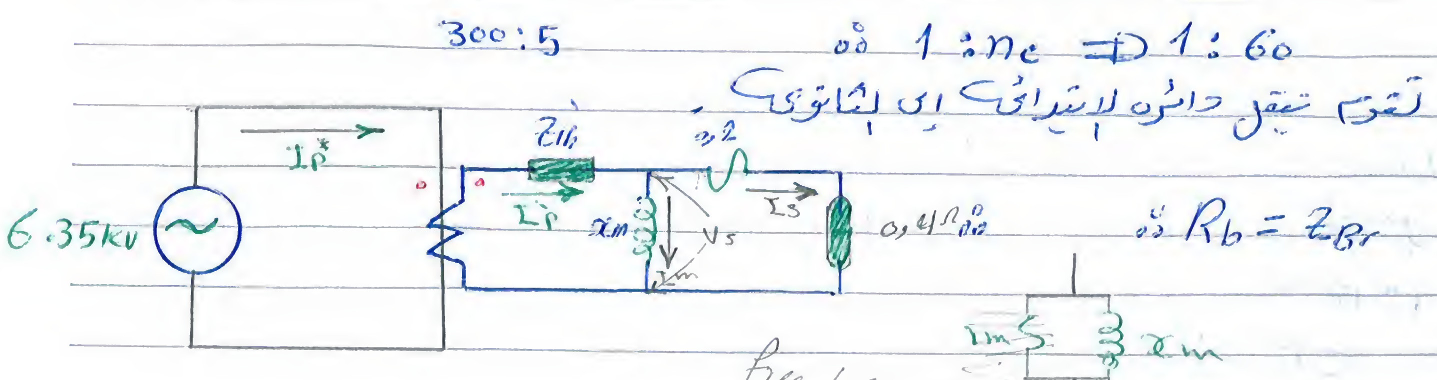
$\therefore V_{L-ph} = \frac{11\times10^3}{\sqrt{3}} = 6.35\,KV$

$\therefore n_c = \frac{300}{5} = 60$

300 : 5

$\therefore 1 : n_c \Rightarrow 1 : 60$

تعني ننقل دائرة الابتدائي إلى الثانوي



$\therefore R_b = Z_{Br} = \dfrac{VA}{(I_{pick\ up})^2} = \dfrac{10\,VA}{(5)^2} = 0.4\ \Omega$

$\therefore$ Consider Now the secondary C.T is open and want to Compute (V_S)

$\therefore \boxed{V_S = I_P' * X_m}$ $\qquad \therefore I_P' = I_m$

$\therefore Z_{lh}' = Z_{lh} * \left(\dfrac{n_C}{1}\right)^2 = 21.2 * \left(\dfrac{60}{1}\right)^2$

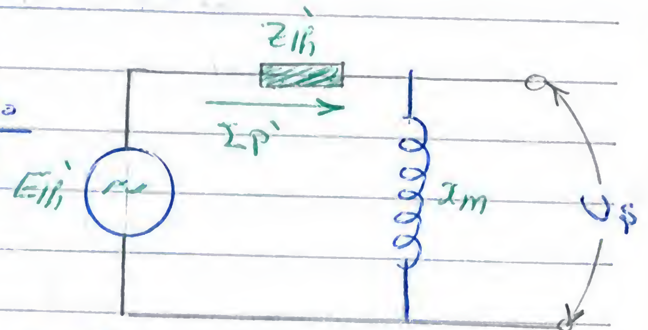
$\therefore Z_{lh}' = 76320\ \Omega$

$\therefore \dfrac{E_1}{E_2} = \dfrac{N_1}{N_2}$

$\therefore E_{lh}' = E_{lh} * \dfrac{N_2}{N_1}$

$E_{lh}' = 6.35 * 10^3 * \dfrac{60}{1}$

$\therefore E_{lh}' = 381\ kV$



$\therefore I_P' = \dfrac{E_{lh}'}{Z_{lh}' + X_m} = \dfrac{381 * 10^3}{76320 + 50000} = 3.016\ A$

$\therefore V_S = I_P' * X_m = 3.016 * 50000 \cong 151\ kV$

$\therefore \boxed{V_S = 151\ kV}$ بمجرد فتح الـ C.T تكون جهد على أطراف.

يكون إنتاج (151 kV) في جهد أعلى من المستقبلة (6.5 kV) هذا الجهد يتسبب

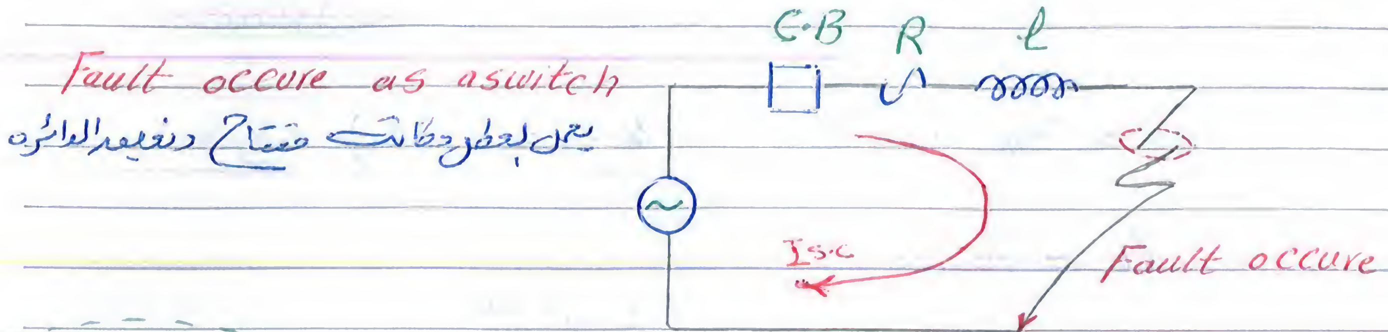
في حدوث تدمير للدوائر من إلى تحمل.

CT performance on the DC component

Assume we have a short line (Consist of R & L)

Fault occure as a switch

يعني لبعض حركات فتح وتغيير الدائرة



$e = E_{max} \sin \omega t$

في الحالة normal state يكون الجهد عند sending هو sine wave يكون عند الـ Receiving ايضاً

$\therefore \; e = iR + L\frac{di}{dt}$

الوضع السابق يكون الجهد غير معتمد على تحليل ونقطة الدائرة

So $i = \frac{e}{Z}$ كأنه Transient condition ولازم معادلة الـ Current

نجد فيه هنا التيار مكون من مركبتين

AC component ①

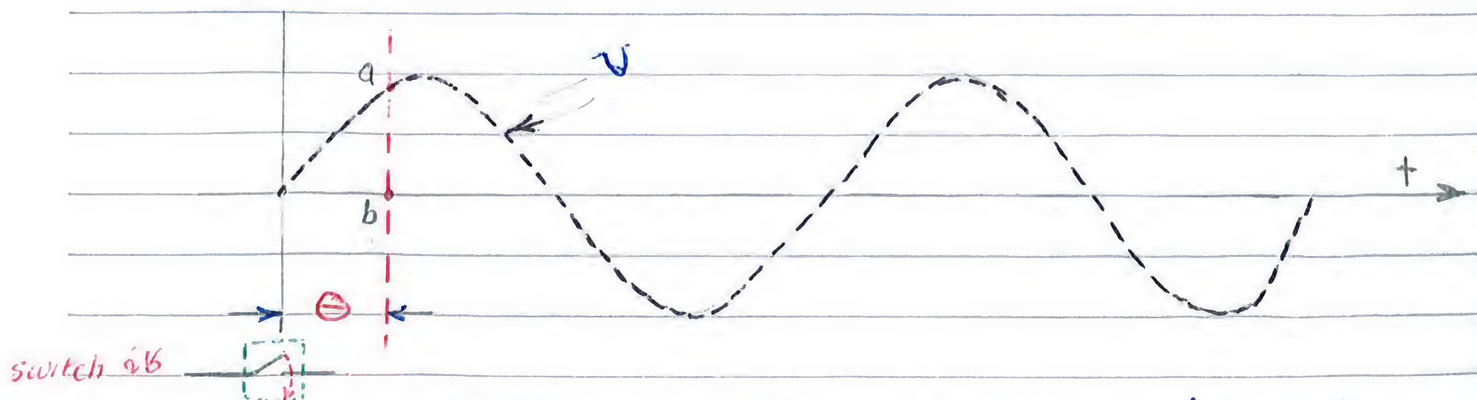
DC component ②

وتسمى مركبة

DC offset component بـ DC component

لدى تسمى بـ DC ← لأن لها اتجاه واحد إما موجب أو سالب

و " " (offset) ← الازاحة بـ عنك اي تضمحل بعد فترة زمنية معينة



So $v_{ab} = e = E_{max} \sin(\omega t + \theta) = iR + L\frac{di}{dt}$

$$\therefore i_{s.c} = \frac{E_{max}}{Z}\sin(\omega t + \theta - \phi) - \frac{E_{max}}{Z} e^{-(R/L)t} \sin(\theta - \phi)$$

AC Component — DC component

where $\Rightarrow$ $\tau = \frac{L}{R}$ sec. called time constant of the net work.

$$\therefore \text{DC Component} = \frac{E_{max}}{Z} e^{-t/\tau} \sin(\theta - \phi) = A$$

E_{max} $\rightarrow$ Max Back electric motive force (emf)

Z $\rightarrow$ impedance of the loop $= \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$

θ $\rightarrow$ Switching angle. (تتولد حسب عملية الفصل)

ϕ $\rightarrow$ angle of net work impedance

$$\therefore \phi = \tan^{-1}\frac{\omega L}{R}$$

ϕ = +ve lead

ϕ = -ve lag.

ملاحظة: فترة بقاء duration of DC offset في الشبكة أثناء الـ Fault
تعتمد على جهد الشبكة وكذلك الـ Time constant الـ τ .
فلو جهد الخط زاد وكذلك Time constant زاد معنى ذلك أن فترة بقاء هذه الموجة
في الشبكة له أطول . ولذلك عملية فصل تلاشي هذه الموجة بأسرع وقت ممكن.

i) Maximum DC offset component during fault occur at $\theta = 0$

at θ = zero

initial condition $\Rightarrow$ $t = 0$ & $I = 0$

$\phi = -90$ $\rightarrow$ الطبيعي العادة inductance تتولد إتجاه متأخر بزاوية 90°

$$\therefore 0 = A e^{0} + \frac{E_{max}}{Z}\sin(0 + 0 - 90)$$

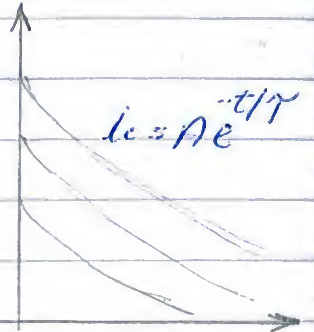
$$\therefore A = \frac{E_{max}}{Z} \rightarrow \text{max dc offset component}$$

ii) Minimum DC offset Component = Zero

∴ $\theta = \pm \frac{\pi}{2}$ peak value لل Volt أي عندما يكون ال
سواء كانت موجبة أو سالبة

$v = v_{max} \Rightarrow I_{s.c} = zero$

at $\theta = 90°$ & $t = 0$ & $I = 0$



∴ $0 = Ae^{0} + \frac{E_{max}}{Z} \sin(\theta + 90 - 90)$

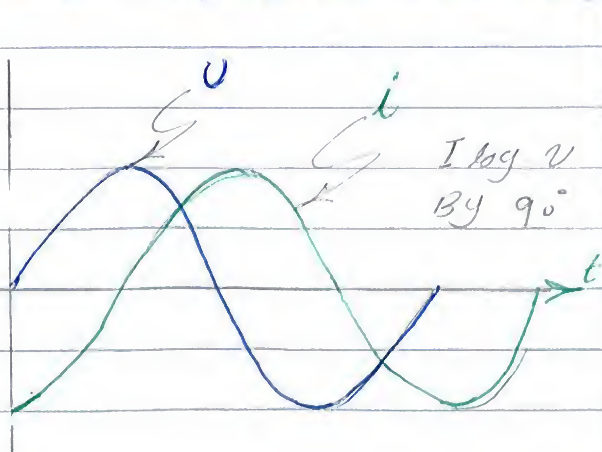
∴ $A = Zero$

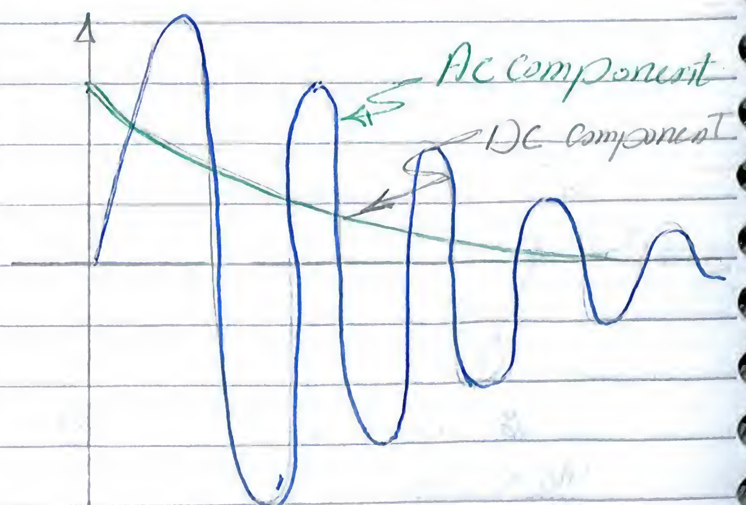
عندما يحدث ال Fault عند الخط كانت
تكون ال Volt قريب من قيمته ال peak
تقل ال DC offset component

وفي ال ... التي ال DC component تتوقف على
① Time constant
② initial condition (أي لحظة القطع t & θ)

ملاحظة: ال component ال DC تكون عندما (θ = 0) أي عند max DC component
ما يكون عند max DC لا يحدث عند ... 3φ fault
... DC offset عند أصفار ...

ال s.c تيار مركب من DC والمتردد مركبة AC كما قلنا سابقا





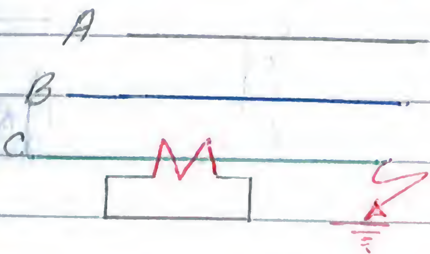
$e = 0 \longrightarrow$ max DC offset
$e = max \longrightarrow$ DC offset zero

⇐ الـ DC offset غير دائماً في الـشبكة، لأنه يحدث في لحظة الـ Transient
ومقدار الـ s.c يتوقف على ① جهد الـشبكة
② ممانعة الـشبكة Z_{th} على (R, L) أو ما يسمى بـ
Time constant → دائماً ما يزداد جهد الـشبكة

∴ $V \gg \rightarrow L \gg \rightarrow \tau \gg$

⇐ وهنا نعود إلى العنوان الرئيسي وهو دراسة أداء الـ CT تحت الـ worth condition
أي صفة الـ s.c مع وجود الـ (max DC offset)

ومعنى ذلك أننا نريد دراسة الـ performance الـ CT في حالة الـ Transient



$$\therefore I_{p_{s.c}} = \frac{V_{ph_{max}}}{Z}\left(\sin(\omega t + \theta - \phi) - e^{-t/\tau}\sin(\theta - \phi)\right)$$

∴ θ ⇒ angle on the voltage wave form at the instant of s.c occure called (switching angle)

ϕ ⇒ angle of primary impedance ($\phi = \tan^{-1}\frac{\omega L}{R}$)

$$\therefore Z = \sqrt{R^2 + x^2}$$

Z → net work impedance.
x → net work inductance.
R → net work Resistance.

$\tau = \frac{L}{R}$ (sec) → Time constant of the primary net work.

Since we are Caculated the C.T performance during the Transient Cose.

∴ At $\theta = 0$ → max DC

$$\therefore I_p = I\left(\sin(\omega t - \phi) - e^{-t/\tau}\sin(-\phi)\right)$$

$$\therefore I_p = I\left(\sin(\omega t - \phi) + e^{-t/\tau}\sin\phi\right)$$

At S.C $R <<< x$ network , $\phi \cong \frac{\pi}{2}$

$\therefore I_P = I\left(\sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) + e^{-t/T} \sin\frac{\pi}{2}\right)$

$\therefore I_p = I\left(\sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) + e^{-t/T}\right)$

$\therefore I_p = I_{max}\ (e^{-t/T} - \cos\omega t)$

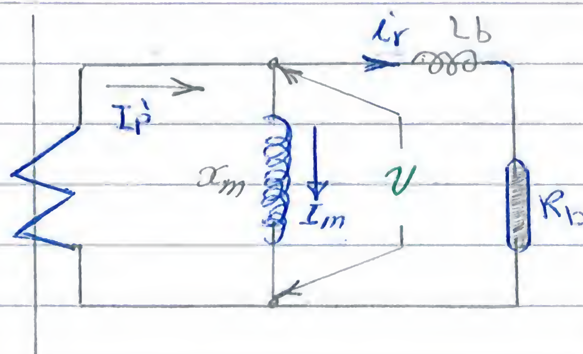
هذه المركبة في الابتدائي ولكننا نبحث في الثانوي وبالتالي لازم ننقل دائرة الابتدائي إلى الثانوي

$\therefore$ The secondary side current

$\therefore I_p' = \frac{I_P}{n_c}$ ← نسبة التحويل

$\therefore n_c = \frac{N_s}{N_P} = \frac{I_P}{I_s}$

$\therefore I_p' = \frac{I_P}{n_c} = \frac{I_{max}}{n_c}(e^{-t/T} - \cos\omega t)$



$\therefore (I_p' = i_m + i_r)$ → طالما أنا نابحث عن الـ performance للـ CT فلازم نحصل على تيار المغنطة للـ CT (I_m)

$\therefore V = L_m \frac{di_m}{dt} = i_r * R_b + L_b \frac{di_r}{dt}$

$\therefore i_r = i_p' - i_m$

$\therefore V = L_m \frac{di_m}{dt} = (i_p' - i_m) R_b + L_b \frac{d(i_p' - i_m)}{dt}$

$\therefore L_m \frac{di_m}{dt} = i_p' . R_b - i_m . R_b + L_b \frac{di_p'}{dt} - L_b \frac{di_m}{dt}$ (1)

هذه المعادلة لها متغيرين I_m و i_p' والمعروف منهم هو (I_p'). وبالتالي لابد من حساب I_m علشان نعرف أن CT لم يكن له عملية التشبع saturation

وهذه المعادلة First order differential equation نتيجة من هذه المعادلة

$I_m \Rightarrow I_c + I_y$ تكون عبارة عن مركبة

$I_m = I_C + I_y \longrightarrow ?$

↳ complementary component.

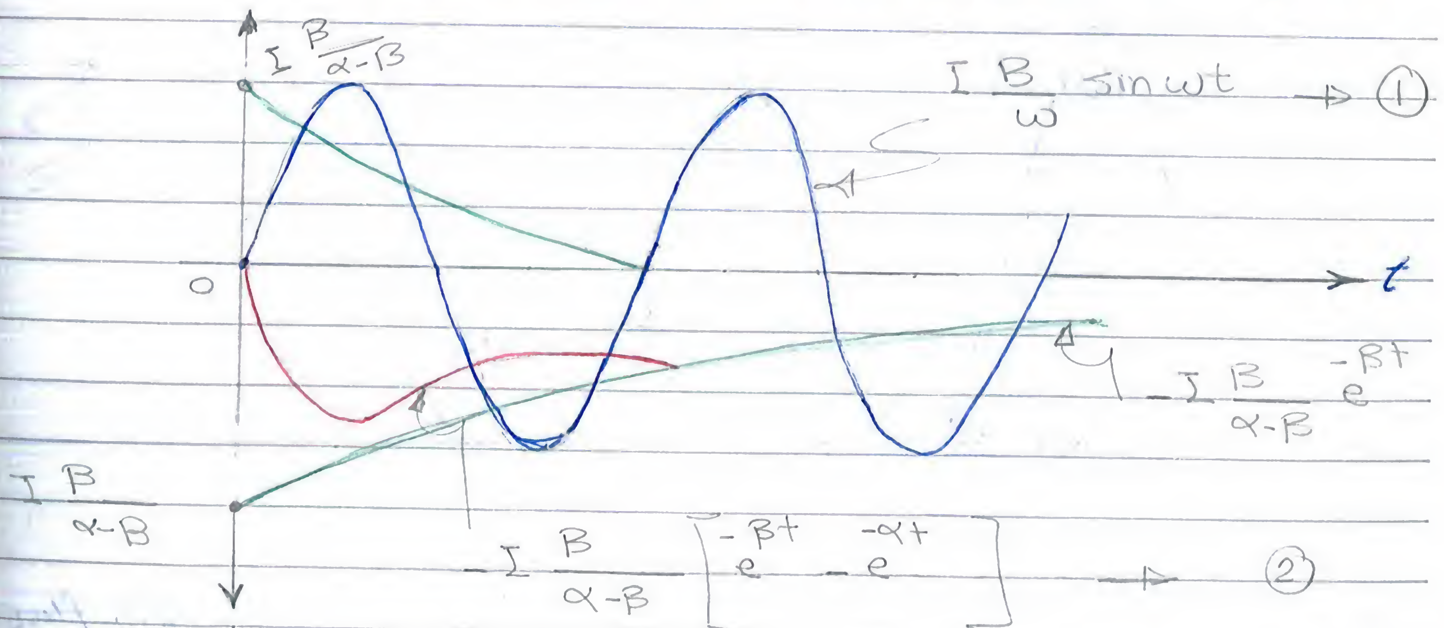
$$i_m = I \frac{\beta}{\omega} \sin\omega t - I \frac{\beta}{\alpha - \beta} \left(e^{-\beta t} - e^{-\alpha t} \right)$$

$$\beta \longrightarrow \frac{1}{\text{Time constant of primary}} = \frac{1}{\tau_p}$$

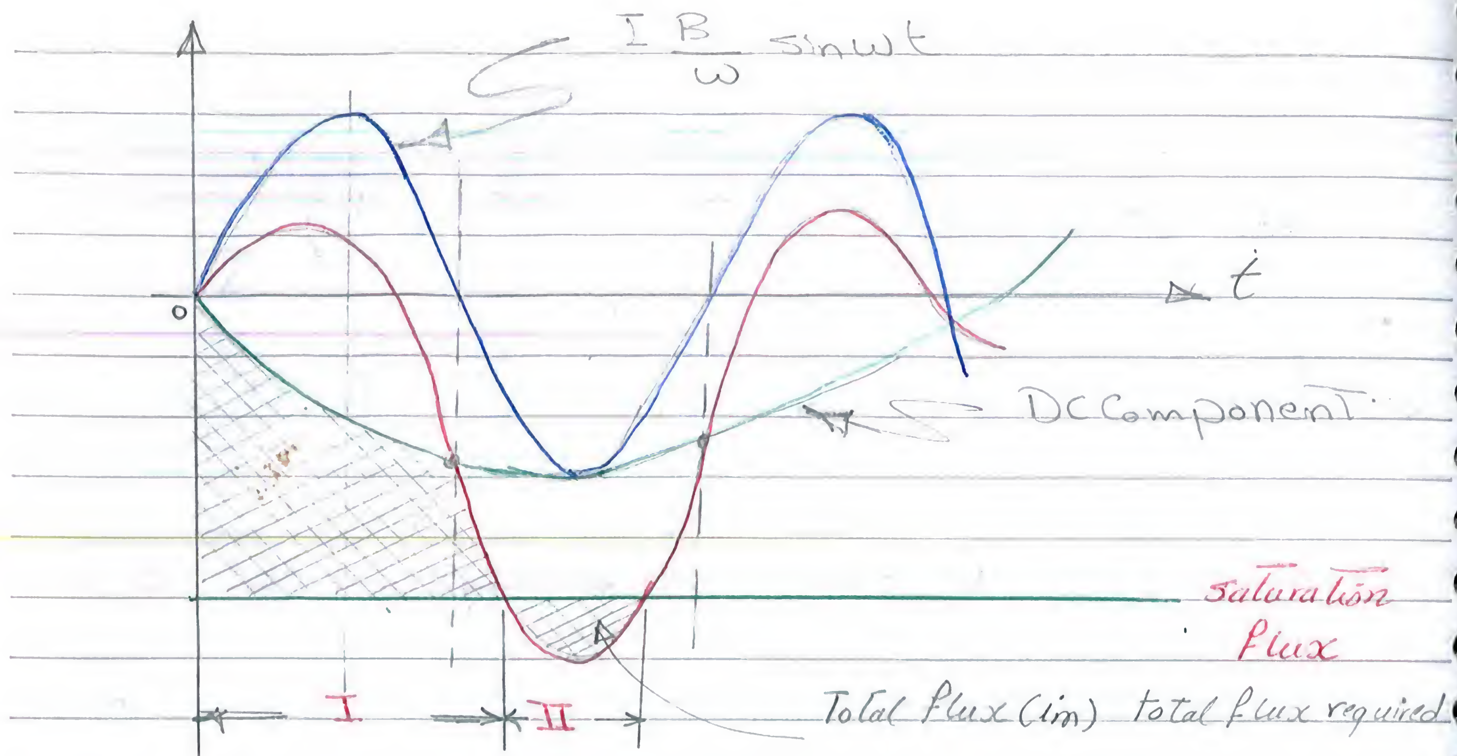
$$\alpha \longrightarrow \frac{1}{\text{Time constant of secondary}} = \frac{1}{\tau_s}$$

$$\alpha > \beta \Rightarrow \tau_p > \tau_s$$

∴ كلما زادت β ($\tau_p >>$) يا بالعكس ± $\frac{\beta}{\omega} \sin\omega t$ هيد عالي ويزل بسرعة
وتستد بـ β هتا صغيرة مبالتالي الاعتدار هيد عالي تأخر



(نجمع ① و ② يطلع لي i_m)



⊛ في المنطقة I لا يحدث تشبع للـ C.T ويحدث reproduce لتيار الابتدائي في الثانوي
أي يكون موجود تيار الثانوي وله قيمة

* في المنطقة II تيار الابتدائي كله يتحول إلى دائرة المغنطة أي انه داخل في منطقة التشبع
(Saturation Region $I_s = 0$)

$I_s = 0$

$I_p = I_s$

total flux

A

B

saturation flux

Im DC-Component

o

Im AC-comp

Fig (1)

no-saturation | saturation | no-saturation

الشرح ١ — في الشكل Fig (1)

From (o → A) → no saturation

hence, Ip reproduce in The secondary side Because The Flux less than saturation

هنا الـ Flux أقل من المنطقة التي تحدث التشبع للـ C.T وبالتالي فإن تيار الابتدائي تم جعله الثانوي بدون أي مشاكل

From (A to B) ⇒ تحول تيار الابتدائي كله الى دائرة المغنطة وبالتالي يصبح تيار الثانوي صفر (Is = 0) أي لا يوجد تيار في الريلاي (أي يوجد تيار في الثانوي) وعند هذه الحالة يطلق على C.T لفظ (Blind C.T) أي أعمى ولا يرى أي شيء.

وبالتالي ⇐ لو عاوز الريلاي المشغل يشتغل في First cycle لتجنب الدخول في منطقة التشبع أو يتم عمل ريليه بـ time delay تجنب لعمل أو بعد انتهاء الـ DC offset

---

2

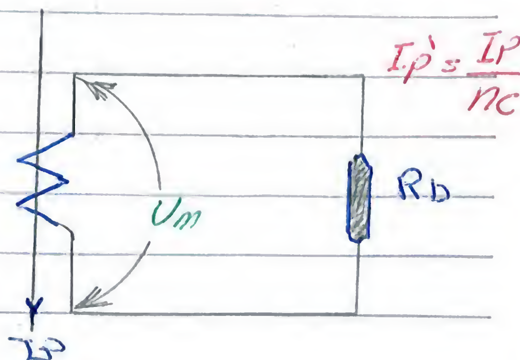
⊛ The Caculation of The max flux in a C.T during a DC-offset Current in the primary circuit neglecting the Transient element of The C.T circuit

معرفة قيمة الـ Flux له تأثير كبير جداً على أداء الـ performance للـ C.T وبالتالي عند تصميم أي محول تيار لابد من معرفة الـ max. flux

⇐ نفرض عبور حالة Transient في الابتدائي فقط أي وجود time constant على فرض أن دائرة الثانوي ليس بها Transient $\tau = \frac{L}{R}$

← للتصميم أغلب جيد كيف أن التصميم حسب أقيم الاستفادة من أقصى قيمة للفيض أو تصميم على قيمة قريبة جداً من Knee point وذلك للحصول على max-flux

← إذا تم حساب max flux عند تيار S.C Work condition ينتج عند تيار S.C في الابتدائي تحت



⇒ Short Circuit Current under worth condition is S.C Current with max DC-component

when $\theta = 0 \longrightarrow \phi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow$ max. DC offset

The primary network has a time constant $\tau = \frac{L}{R}$

$$\therefore I_p = I_m \left[\frac{B}{\omega} \sin(\omega t - \phi) - e^{-t/\tau} \sin(\theta - \phi) \right].$$

$$\therefore I_p = I_m \left[e^{-t/\tau} - \cos\omega t \right]$$

Turn Ratio is $\Rightarrow I_p' = \frac{I_p}{n_c}$

$$\therefore I_p' = \frac{I_m}{n_c} \left[e^{-t/\tau} - \cos\omega t \right]$$

$$\therefore V_s = V_m = I_p' * R_b = \frac{I_m}{n_c} R_b \left[e^{-t/\tau} - \cos\omega t \right]$$

$$\therefore V_s = V_m = \underbrace{\frac{I_m}{n_c} . R_b e^{-t/\tau}}_{V_{DC}} - \underbrace{\frac{I_m}{n_c} R_b \cos\omega t}_{V_{a.c}}$$

(1) $\leftarrow \therefore V_m = \frac{d\phi}{dt}$ $\therefore V_m = V_{DC} + V_{a.c} \rightarrow$ (2)

$$\therefore V_{D.C} + V_{a.c} = \frac{d\phi}{dt}$$

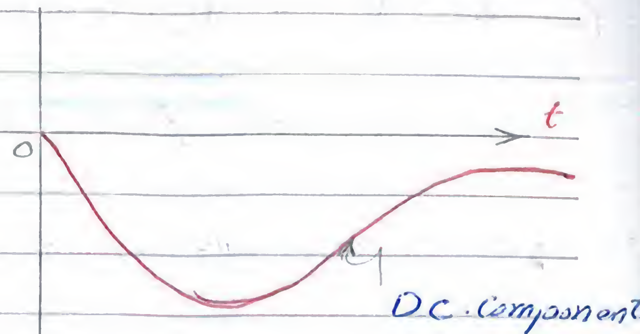
$$d\phi = V_{D.C}\, dt + V_{a.c}\, dt$$

$$\therefore \int d\phi = \int V_{D.C}\, dt + \int V_{a.c}\, dt$$

$$\therefore \phi_{tot} = \phi_{D.C} + \phi_{ac}$$

⇐ أي محصلة الفيض في آي لحظة تساوي
مجموع الفيض الناتج بواسطة مركبة DC
+ مجموع الفيض الناتج بواسطة مركبة A.C

$$\therefore \Phi_{D.C} = \int_0^{\infty} V_{D.C}\, dt$$



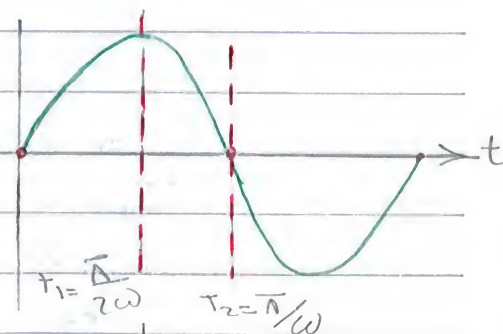
$$\therefore \phi_{D.C} = \int_0^{\infty} \frac{I_m \cdot R_b}{nc} e^{-t/T} dt$$

$$\therefore \Phi_{D.C} = \frac{-I_m}{nc} R_b \frac{\ell}{R} \rightarrow \text{I}$$

$$\therefore \Phi_{a.c} = -\int_{t_1}^{t_2} \frac{I_m R_b}{nc} \cos\omega t\, dt$$

$$\therefore \phi_{a.c} = -\frac{I_m R_b}{nc} * -\sin\omega t \Big|_{t_1}^{t_2}$$

$$\therefore \phi_{a.c} = \frac{I_m R_b}{nc} \sin\omega t \Big|_{\pi/2}^{\pi}$$



$$\therefore \phi_{a.c} = \frac{I_m \cdot R_b}{nc} \left(\underset{0}{\sin \pi/\omega} - \underset{1}{\sin \frac{\pi}{2\omega}} \right)$$

$\omega t_1 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t_1 = \frac{\pi}{2\omega}$

$\omega t_2 = \pi \Rightarrow t_2 = \frac{\pi}{\omega}$

$$\therefore \phi_{a.c} = \frac{-I_m \cdot R_b}{nc * \omega} \rightarrow \text{II}$$

$$\phi_{tot} = \text{I} + \text{II}$$

$$\therefore \phi_{tot} = \frac{-I_m \cdot R_b}{nc} \left(\frac{\ell}{R} + \frac{1}{\omega} \right) = \frac{-I_m \cdot R_b}{nc} \left(\frac{\omega \ell + R}{\omega \cdot R} \right)$$

$$\phi_{tot} = \frac{-I_m \cdot R_b}{nc * \omega} \left(\frac{\omega \ell}{R} + 1 \right)$$

$x = \omega \ell$

$\phi_{a.c}$

$$\phi_{tot} = \phi_{a.c} \left(1 + \frac{x}{R} \right)$$

max flux

$\therefore \phi_{tot} = \phi_{a.c}\left(1 + \frac{x}{R}\right)$

Transient factor of the C.T ← $\left(1 + \frac{x}{R}\right)$ ∴ البيك

ومن الملاحظ أن DC. Component تعمل Burden عالية جداً على Core وبالتالي لا يحصل تشبع

$\therefore \phi_{max} = T.F * \phi_{a.c}$

→ Transient factor

Ex: Find the Auxilary C.T Ratio and the Burden of $C.T_1$ and $C.T_2$ for the following figure.

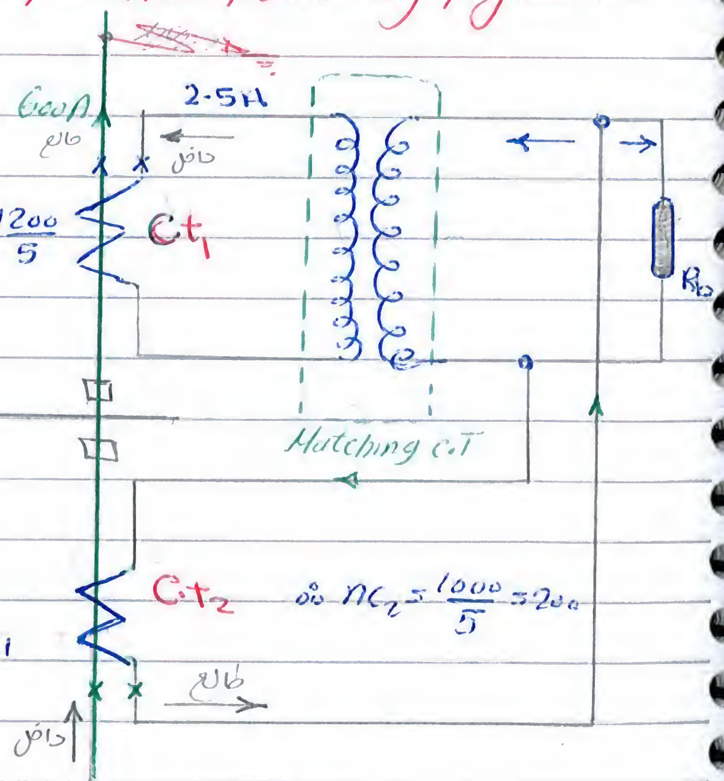
For $C.T_2$

$\therefore n_{C_2} = \frac{1000}{5} = 200$ A

$\therefore I_2 = \frac{600}{200} = 3A$

For $C.T_1$ $\therefore n_{C_1} = \frac{1200}{5} = 240$

$\therefore I_1 = \frac{600}{240} \cong 2.5A$



Without matching C.T ⇒

∴ 3A − 2.5 = 0.5A الريلاي عم يحط تيار مقداره

The Relay Current must be Zero

Consequently the auxilary C.T is a must. Turns ratio of Matching C.T

$\therefore n_C = \frac{2.5}{3} = \frac{10}{12} = \frac{1}{1.2} = \frac{n_2}{n_1}$

⇒ The Burden of $C.T_2 = R_b$ since there is no Matching C.T

⇒ For $C.T_1$

$\therefore R_b' = R_b\left(\frac{1}{n_C}\right)^2 = R_b\left(\frac{3}{2.5}\right)^2$

C.T Core

Measuring core ①

① - monotring مراقبة
- high accurcy
- low saturation (law error)
- low Burden

protection core ②

② - sensation
- low accurcy
- high saturation
- high Burden.

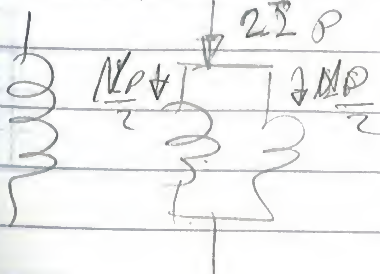
CF: ممنوع وضع اجهزة الوقاية على measuring core وبالعكس وضع اجهزة القياس على protection core وذلك لان اجهزة الوقاية في حالة لا تقوم بعملها sensation أو fault detection لان الـ core سوف يحدث له تشبع . اما عند وضع اجهزة القياس على الـ protection core فانه تكون نسبة الـ error عالية

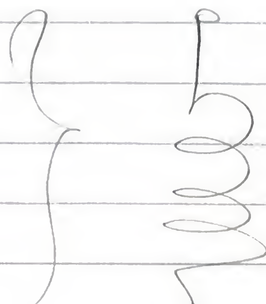
∴ Type of C.T Based on primary winding

Through type ($N_p = 1$) Constant
i) Bushing
ii) window
iii) bar Type

∴ **wound type** ($N_p = 2$ to 4)
- single ratio
- multi ratio

(Multi ratio) (1000/500/1)





I P
NP/2
NP/2
(500/1)

Harmonics.

3nd  موجود بالفعل في الشبكة طالع من المحولات ...

2nd  Inrush Current for Transformer.

5  due To C.T's saturation.

7  over excitation

Voltage Transformer for protective Application

As we mention That The problems of The current Transformer summery into two point

① The problem of saturation.
② And The DC offset component.

أما بالنسبة لمحولات الجهد (P.Ts) فإن حدوث عليه التشبع غير وارده إطلاقاً وذلك
لأنه عند حدوث الـ Fault الحقيقي فيقل الجهد عكس محول التيار ، فعند حدوث الـ Fault
أيضاً الحقيقي زياده في التيار وهو المسؤول عنه عملية التشبع saturation

⇒ when fault occure voltage reduce & current increase.

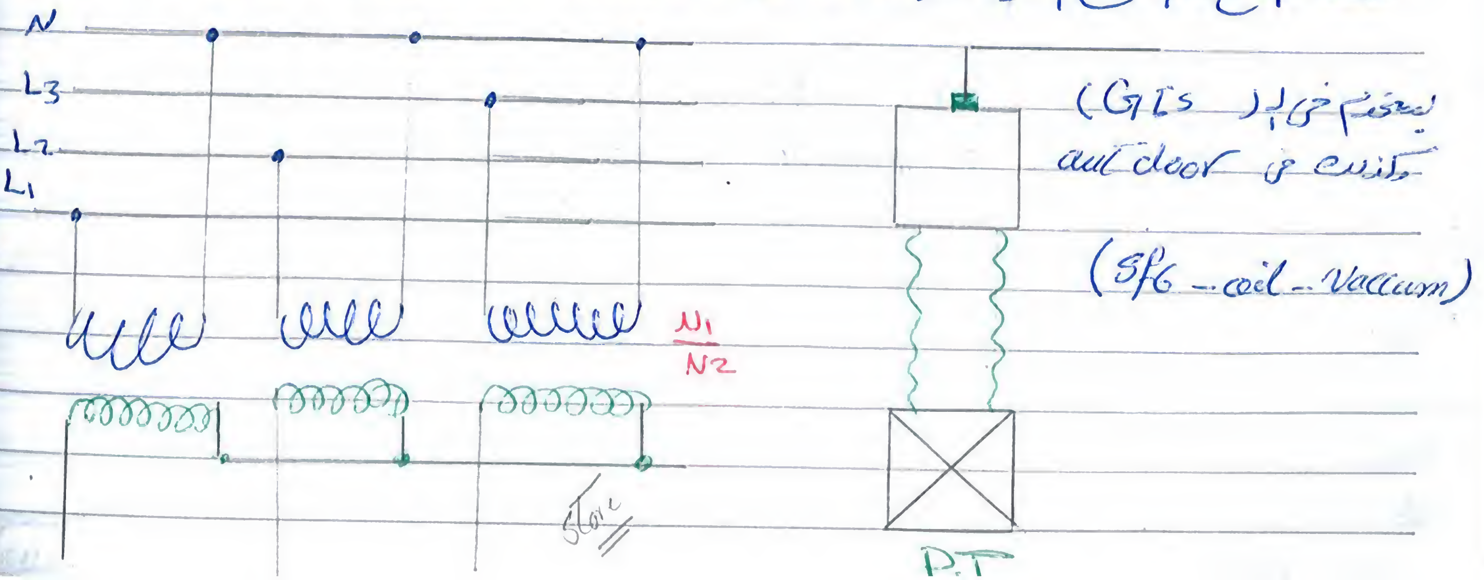
$V \ll \longrightarrow I_m \ll \longrightarrow$ saturation decrease.

يوجد من محولات الجهد في التشغيل لكن على التوازي ← تنقسم إلى نوعين

① inductive p.T (conventional v.T)
② Capacitor Coupling Voltage Transformer (CCVT)

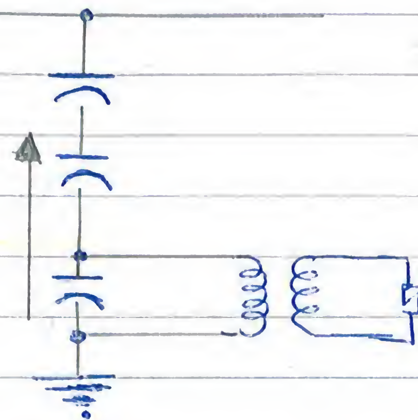
i) inductive p.T (Conventional V.T)

وهذا النوع من الأنواع التقليدية (ملفات ابتدائي + ملفات ثانوي ملفوفة على قلب من steel)



② Capacitor Coupling voltage Transformer.

⊛ is used as a potential between the high-voltage apparatus and ground.



في هذا النوع تتم عملية تردد عالي H.F
مع فلاتر (عبارة عن إشارة)

High frequency single singnal.

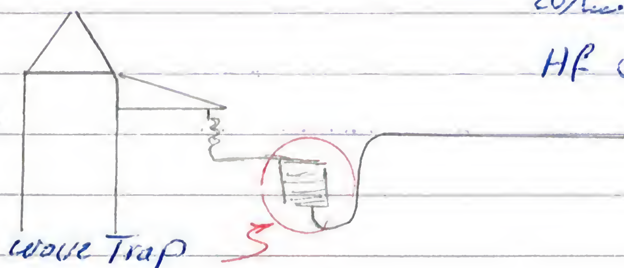
$$x_c = \frac{1}{2\pi f c} \quad \because f \gg$$

$\therefore x_c \ll$

هذه الإشارة تتم إرسالها حسب مقاومة الخط ويتم ذلك باستخدام الـ wave Trap
أو باستخدام كابلات Fiber optic

⇐ الإشارة (Tele communication speech ....)

* لو الريليه فصل مثلاً نأخذ إشارة
ونسجلها (log) ونفصل الـ Hf
ونفصل الـ C.B



ملاحظ ◁ الجهد الخارج سيحول الجهد على أطراف الثانوي إما أدكيود

① line voltage (l-l) 120 volt.
② phase to ground (l-G) 69.3 volt.

120/53

potential Transformer Connection.

a
b
c

Y

* ال AT في حالة PT
متوقف على الحمل.

* أيضاً تم وضع ال Fuse
في دائرة الثانوي لتجنب
مخاطر ال S.C عكس
ال C.T

* له ملف في الابتدائي وملف
في الثانوي

a
b
c

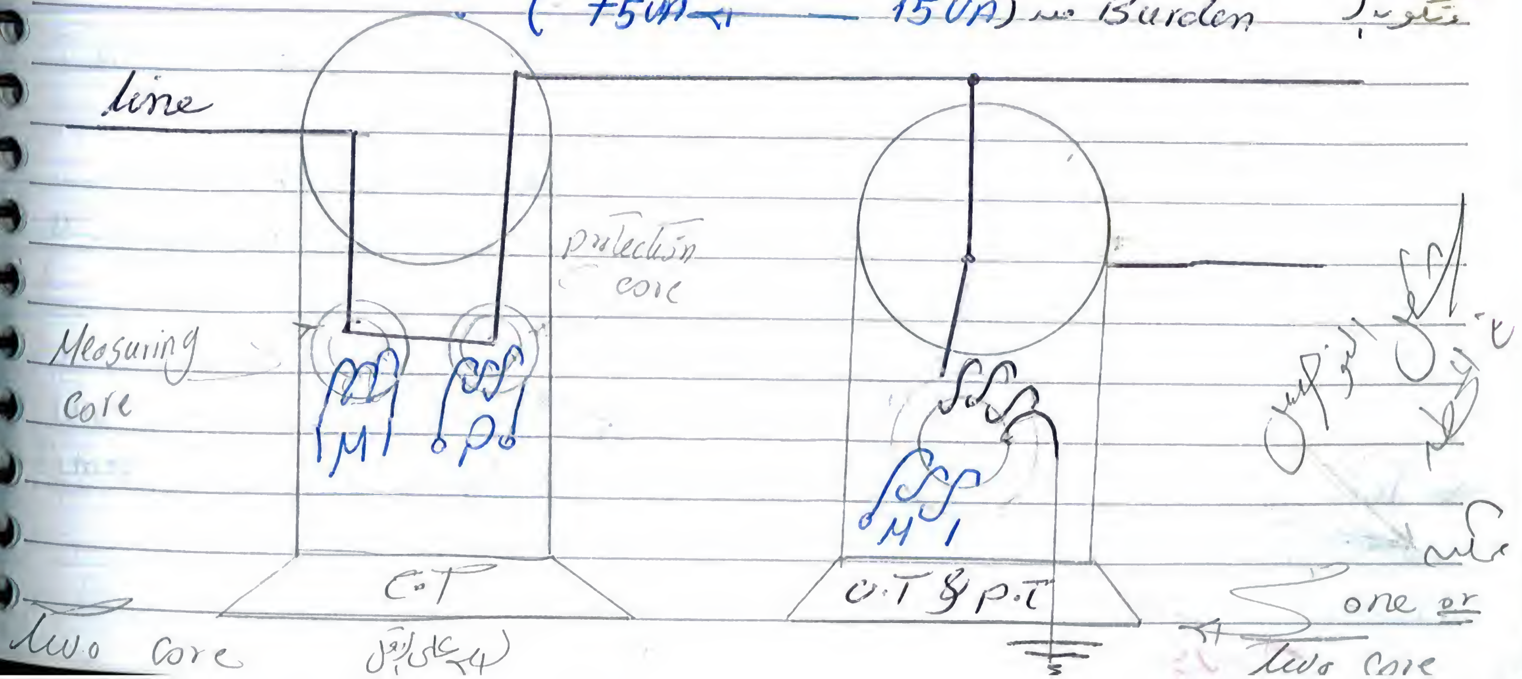
$3V_0$

$V_a + V_b + V_c$

" open delta connection "

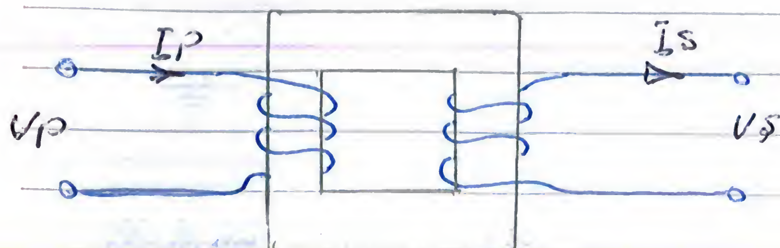
* نحتاج إلى open delta لحساب Zero sequence

في العمرة — instroments Transformer بـ (V.T & C.T) تستخدم في بعد ال instroments وذلك لان كل ال Burden الالى عبارة عن
تكون ال Burden من (75VA ← 15VA)

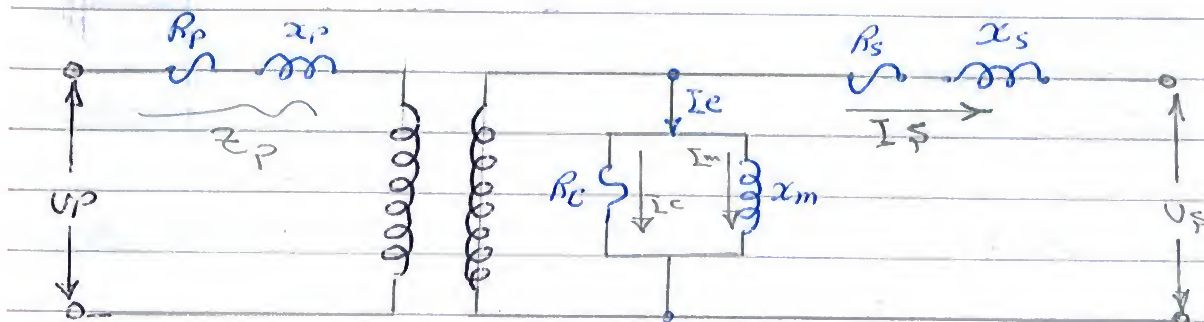


* Types of voltage or potential Transformer ? *

① Convential or electromagnetic Voltage Transformer.



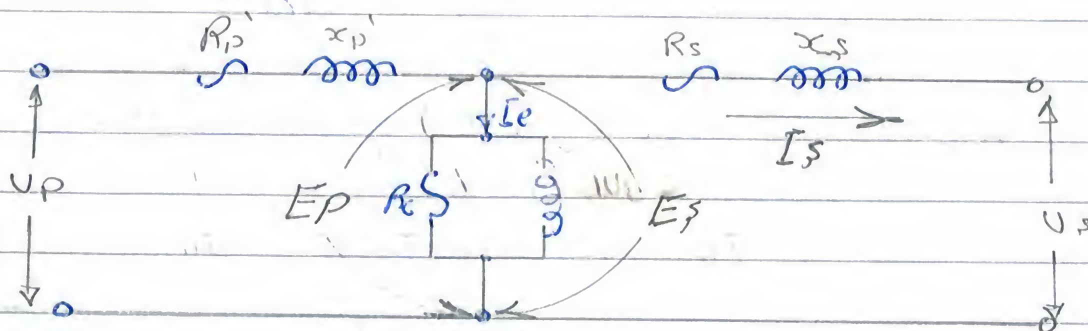
$$\therefore \frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P} = N$$

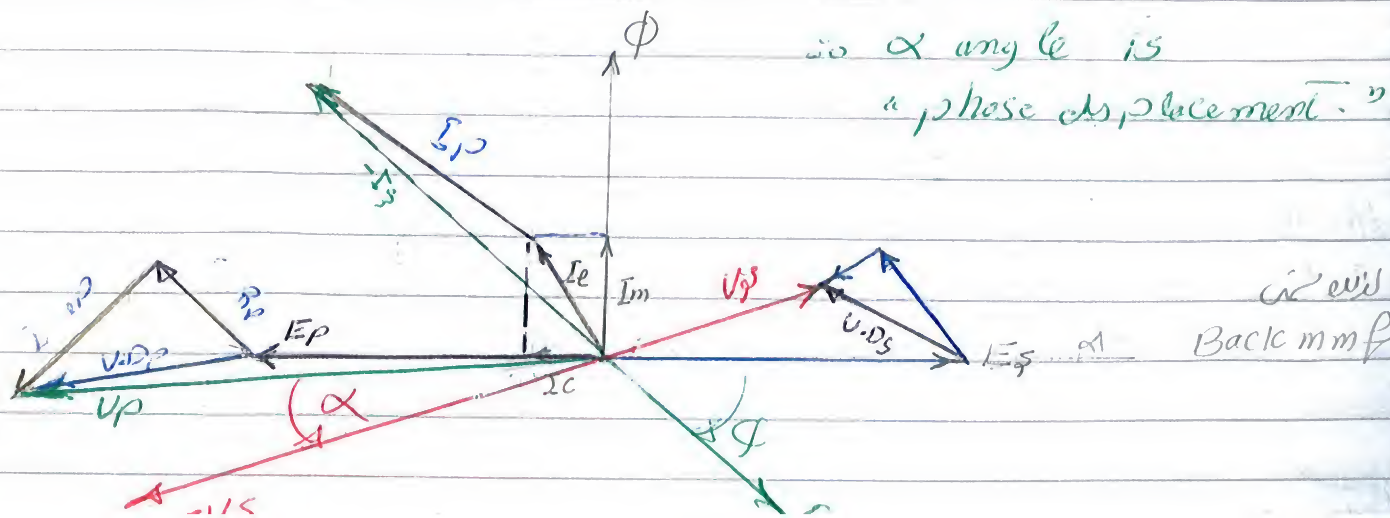


تقوم بنسب دائرة الـ primary إلى الثانوي وذلك للتبسيط وحل الدائرة .

Turn ratio

$\therefore Z_P' = Z_P (N)^2 = R_p' + j x_p'$





$\therefore \alpha$ angle is "phase displacement."

مادة طبد

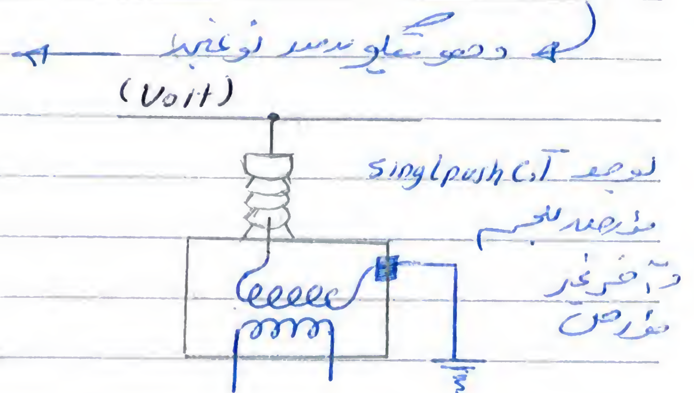
(١) ممنوع عمل s.c على ملفات محولات الجهد (V.T.S) لانه سوف تسبب الـ saturation للـ core ويحكمه يسبب انصهار الـ core .

V.T ⇒ it's idealy case is open circuit .
C.T ⇒ it's ideal case is short circuit .

⚡ تستخدم الـ electro magnetic type في الجهود العاليه (Medium voltage)

11,33 KV في الجهود single pushing
132, 220 KV ,,,, double pushing.

← دعونا نشوف رسم توضيحي

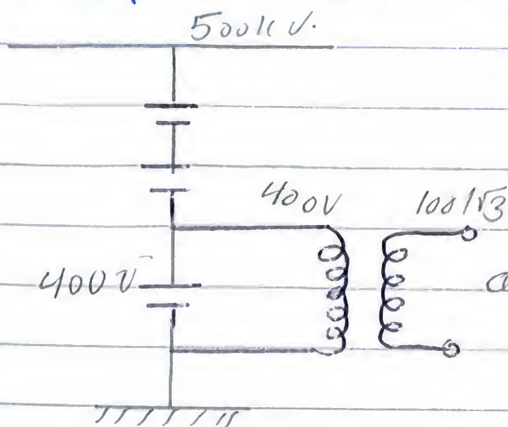


---

② Capacitor Coupling voltage Transformer. (condencer V.T)

لتنزيل جهد الخط حتى تكون مناسب لقياس الـ (V.T) تتم استخدام مكثفات
حيث في تحسين الوقت سوف تعطي Reactive power للشبكه وبالتالي سوف
تحسن الـ power factor العالي للشبكه
⚡ حيث كلها ونفع R C L ؟ لا يمكن استخدامهم

R ← تعتبر حمل على الشبكه تحمل الـ V.D وتؤثر على الـ p.f كما بالاضافه
انه سوف يسبب الي سخونه
L ← تسحب Q وتحمل الـ V.D وتؤثر على الـ p.f العالي للشبكه .

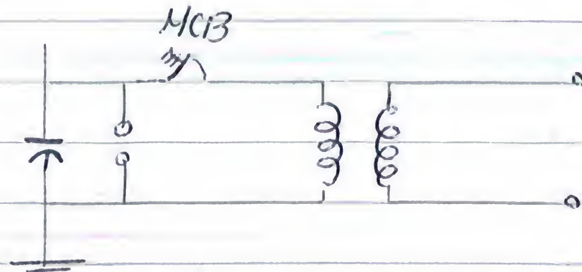


تفضل استخدام هذا النوع في الجهود العاليه
(220KV, 380, 400, 500 KV)

any equipment

← المكثفات تنزل جهد الخط
من 500KV الي 400V
ولا يوجد (power flow)

① لتجنب حدوث over voltage نضع (spark gap) arrestors



② وللحماية من الزيادة في التيار نضع (MCB) Miniture C-Breaker

③ الخوف من حدوث Resonance والشائع للاتيعيل في V.T لتقويم رفع Turn Ratio للتعديل في High Tension في Compansating coil وهو مشابه لل Top changer

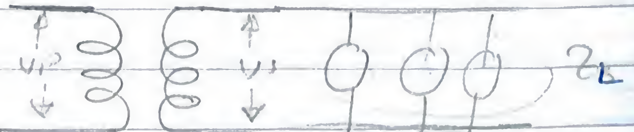
Factors affecting accuracy.

a) The design of instrument Transformer.
b) The circuit condition such as voltage & current & frequency.
c) The Burden connected to the secondary circuit of the Transformer.

V.T's Burden Calculation

$$\therefore V.A_{rated} = V_s * \frac{V_s}{Z_B} \rightarrow I_s \quad \text{at } V_s \text{ (rated)}$$

$$\therefore Z_B = \frac{V_s^2}{VA_{rated}}$$



∴ condition between (Z_{Burden} & Z_{load})

$$\therefore Z_L \geqslant Z_B$$

مقاومة الحمل التي تجعل ال V.T كأنه (open)

Ex3 ∴ VA = 750 VA , V_s = 400 V
Can connect 5 equipment each one 1K Ω or not? why?

$$\therefore Z_B = \frac{V_s^2}{VA} = \frac{400^2}{750} = 213.3\ \Omega$$

open ← أقل معاوقة تحاع لـ آ.ت. دكافة

$$\therefore Z_{load} = \frac{1000}{5} = 200\ \Omega$$

The condition is $(Z_L \geq Z_B)$ ⟹ لم نتحقق الشرط
وبالتالي we can't connect equipments

← حتى يعمل لـ آ.ت. يتعين للواصفات تحت تقليل ال Burden الى 4 معدات
بدلا من 5

$$Z_L = \frac{1000}{4} = 250\ \Omega \ \checkmark\checkmark$$

∴ Commissioning that done on V.T. (V.T's test)

① Visual inspection test — بالعين شكله عامل ازاي

② Contenuity test (avometer pazer or Megger)
← الاتصال لنتأكد من عدم وجود (O.C) في الملفات لكل من primary & secondary

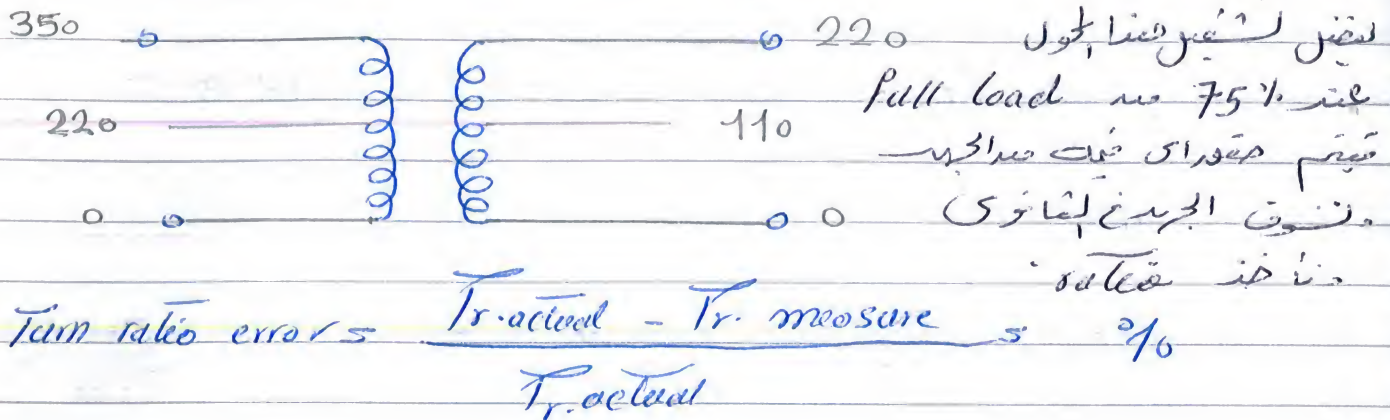
③ Megger test. ويكون بتسليط جهد الـ voltage خلال
اسلاك لتقيس المقاومة بين ملفات الابتدائي والثانوي
وبين كل منهم والجسم الخارجي primary, secondary & core

IEC في كل insulated voltage تابع لـ Testing voltage ويكون

at insulated voltage 690 V testing voltage 2500 volt

(4) Turn Ratio Test.

لو هناك مآخذ الـ tap تجري هذه التجربة عند كل tap على حدة



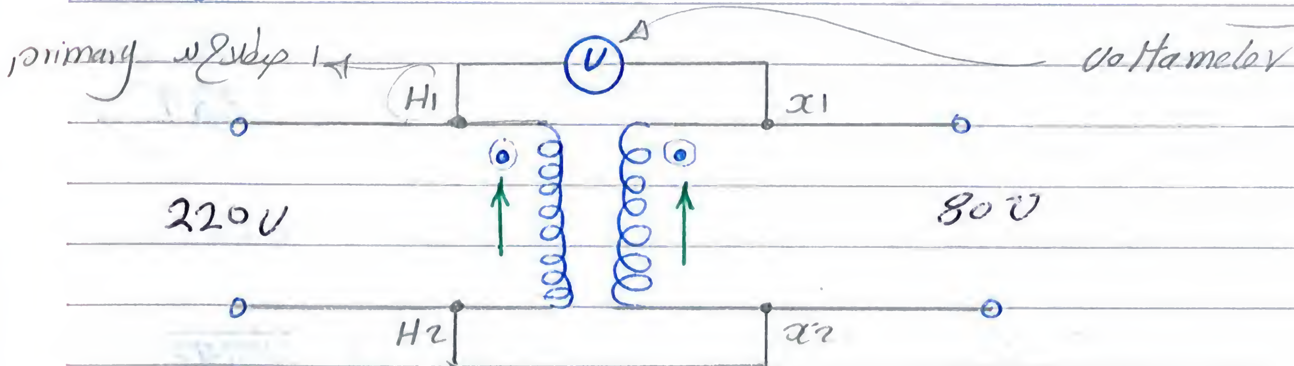
يفضل تشغيل هنا المحول عند 75% من full load ويتم تقدير ضبط ما الجهد فوق الجهد الثانوي ونأخذ قراءته.

$$\text{Turn ratio error} = \frac{T_{r.actual} - T_{r.measure}}{T_{r.actual}} = \%$$

(5) polarity Test.

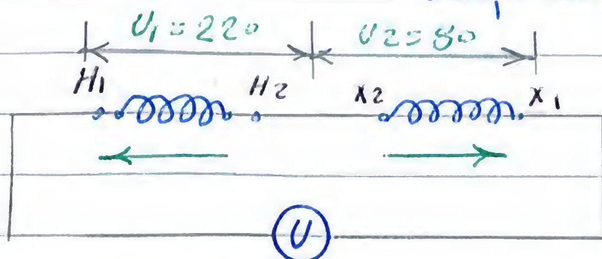
اختبار القطبية هو يجري مرة واحدة فقط في عمر الجهاز وتعطيك حتى تتأكد من الاتجاهية

لها أهمية في حالة تحديد الصادر والوارد وبعكس ... اختلافات في محطات switching substation المتصلة في محطات الربط



voltage difference between (primary & secondary)

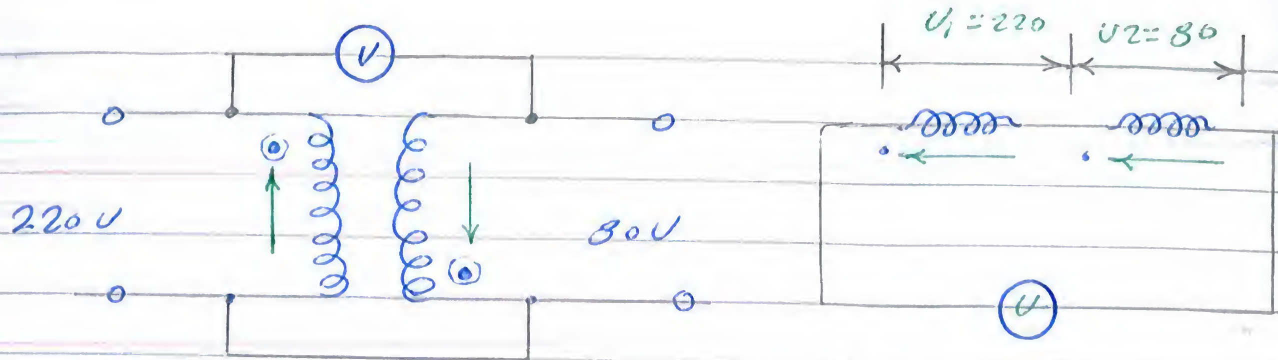
الفولتميتر في هذه الحالة يقيس الـ ... ولو أخذ تغير الاتجاه داخل أي هذه القطع.



Voltameter Reading = 220 − 80 = 140 Volt.

معدولة Y ⇒   نوصل كل 2 مع 2

مقلوبة ⅄ ⇒   نوصل بالاطراف



Voltameter Reading $= V_1 + V_2 = 220 + 80 = 300V$

what do you mean by Class .5 $3P_{10}$?

Class .5 ⇒ measuring error ratio .5% ⇒ 100V < 100.5V / 99.5V

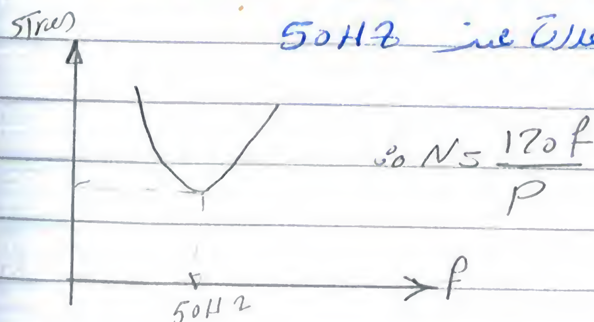
(protection error > measuring error)

∴ $3P_{10}$ ⇒ ratio error (3%) عند مرور تيار قدره ١٠ مرات في full load في primary.

∴ لماذا تعمل الشبكات بتردد عند 50 HZ؟

① أقل تردد لقدر المسموح فيه الضوء خط واحد مستمر ل عند 50HZ

② أقل mechanical stress على المعدات عند 50HZ



③ زيادة التردد تزداد الاقطاب للمولد $\therefore N = \frac{120 f}{P}$

$\therefore N \cdot P = 120 f$

لو استخدمنا تردد 60HZ على 50HZ

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{input}}$ ↓↓

يعني تزداد losses.

ملاحظة: في الـ P.T نقول (3P & 6P) protection error

في الـ C.T " " (5P & 10P) " "

①

علي فرحات 2009

15 جهاز محمد عبدالسلام

chapter No ④

protection of Transmission lines

① **Non pilot protection.**

a) over current protection.
- * time delay over current 51 , 51G , 51N.
- * instantinous over current.
- * Directional over current.

b) Distance Relay.

② **pilot protection.**

a) Distance Relay.
b) Directional Earth Fault.
c) Differential.

من المعروف أن أي منظومة كهربية تحتوي على.
(generators - Transformers - Transmission lines
Motors - - - etc)
ولابد من وجود نظام حماية لكل هذه المعدات التي توجد في الشبكة
ومن هذا الفصل سنركز على حماية الخطوط الهوائية.
" protection of Transmission lines "

ومن المعروف أن الخطوط الهوائية تنقسم إلى نوعين

① over head Transmission line (OHTL).
② under ground Cable (UGC).

وحماية الخطوط الهوائية (T.L) تتم بطريقتين.

① إستخدام ما يسمى بال non pilot protection
② " " " pilot protection

non pilot protection ⟹ يأخذ قراره بناءً على المعلومات من المكان الذي يوجد
فيه local parameter

pilot protection ⟹ قراره يعتمد على local parameter +
الإشارة المستقبلة من Remote end

① Non pilot protection

a) over current protection
هذا النوع من جهاز الحماية يعمل عند زيادة التيار عن حد معين وينقسم إلى ثلاث أنواع

i) Time delay over current relay.

يأخذ زمن معين وبعدها يعمل الريلاي . ← Time delay — o.c relay (عند زيادة التيار)

كيف يتم عمل Time delay للأنواع المختلفة من protection system ?

① Electro mechanical relays. أولاً بالنسبة لل

A) increasing the travel distance between the two contact

B) using the permenant magnet

C) holes in disk (movable disk) نفرض دي مثلاً ونقص
disk على الـ force تقل الـ يساعد الحركة الطبيعية وبالتالي
وبالتالي سوف يأخذ زمن أكبر حتى تدور .

② Static Relay or (solid state Relay).
By using R-L-C atimer.

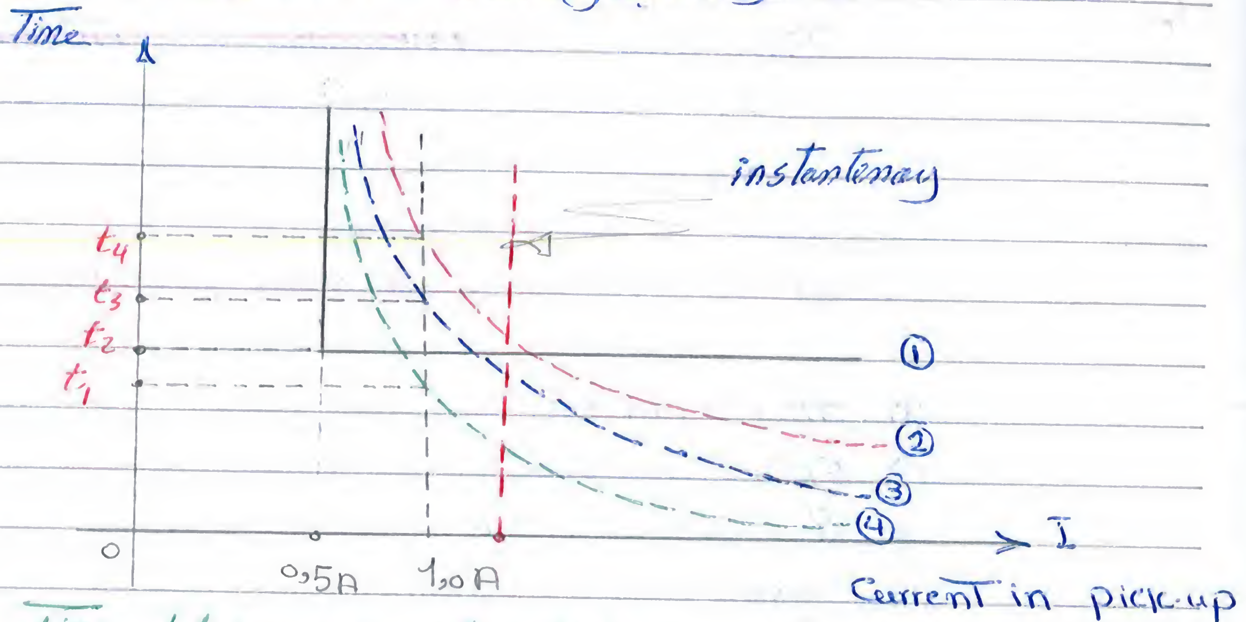
③ Computerized or numerical or microprocessor or digital.

- out side clock
- subroutine program in form of Allgrithm

مقسم إلى عدة أنواع Time delay o.c relay أيضاً

① Difinite minimum time delay over current relay.

أي أن هذا الريليه اشتغل عند تيار معين وذلك بعد زمن ثابت ومحدد
ويستخدم في حالة وجود أو حدوث التشبع في الـ core.
" الريلي اشتغل عند زمن محدد وثابت "



" Time delay over current ckts "

② Inverse time over current relay.

$$T = \frac{K}{I^n - 1}$$

n = 1,02, ...
K = 80 200

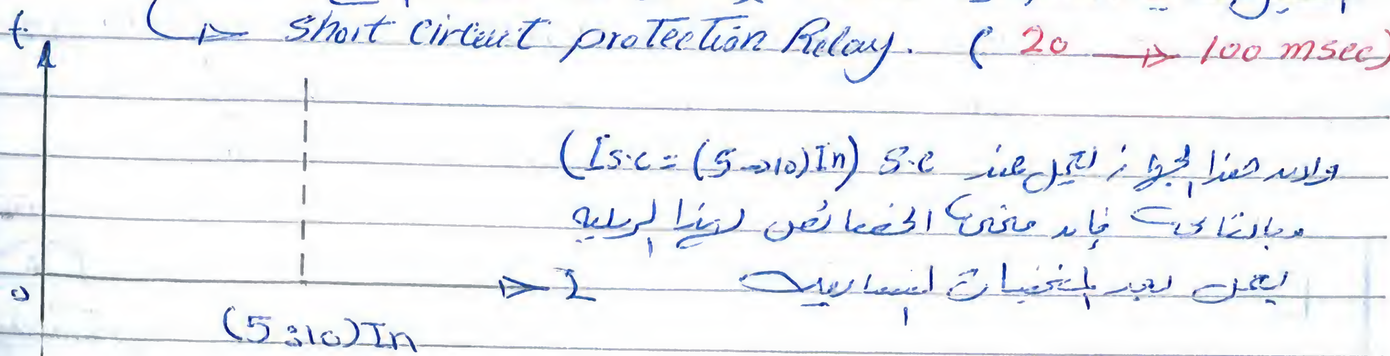
" normal inverse ckts "

③ Highly inverse ④ Stremely inverse

$(t_4 > t_3 > t_2 > t_1)$

⊛ Instantenous over current relay. وذلك لحظي لا يأخذ زمن تشغيل له يساوي صفر لا. وذلك تقريباً صفر ويستخدم هذا النوع في short circuit protection Relay. (20 → 100 msec)

ولابد هذا الجزء يعمل عند S.C ($I_{s.c} = (5 \to 10) I_n$) مباشرة. ولابد من الخصائص لهذا الريليه يعمل بعد اختيارات الحسابية



⊛ Directional over current relay (67).

Directional element وعلاء over current دعوريلي ∆

[2] pilot protection.

Distance	Directional	Differential
21	67	87

⊛ Transmission line protection problems.

1. short circuit < min. / max.
2. Effect of load.
3. The directionality.
4. system configuration.
5. Co-ordination of Relay setting And Relay cks.
6. T.L type and length.
7. It's importance.
8. voltage level.

⇐ علشان أعمل protection scheme لازم أحسب ال min & max S.C
- ال S.C عشان تكون min أو max حسب نوع الخط اللي بالأحرى ال Fault هيحصل إزاي.

وبالتالى لو عندى max. load لازم تكون عندى max generation
ولو عندى min load لازم تكون عندى min generation
وبالتالى ال S.C عشان تكون min or max

⇐ دائماً ال min S.C تكون عند ال phase to phase Fault
- وأيضاً لازم أعرف عندى load شكلها إيه هل هو min أو max
وبالتالى لابد من معرفة min & max load.

* أيضاً لابد من معرفة directionality هل المشكلة عندى من radial system وبالتالى لا أحتاج إلى Directional

(مستفاد) كما في radial أي إن power flow تسري في اتجاه واحد فقط

☜ وعندما الشبكة تكون متغذية من جهتين (infeed) وبالتالي لابد
تحديد الـ Directionality

BB1 — BB2
D D
D D

☜ لعدم عمل الريليه وأيضاً الـ setting له لابد من أن نتأكد من أن الريليه منفذ
الـ selectivity ويعمل الـ discrimination.

وأيضاً هل الريليه بيعمل delet الـ Fault ويعطي إشارة الـ C.B بالفعل
أم لا أي عمل (Comissioning for Relay)

ugc

☜ وأيضاً حيث معرفة نوع الـ (Transmission line) هل هو < OHT.L

☜ وأيضاً من الاعتبارات الهامة جداً في وضع نظام الحماية الـ T.L هو طول الخط

∴ The length of The Transmission line also affect on The protection schemes.

Z_{Th} ~ — D — A — D — $Z_{t.l}$ — B

if ∴ $Z_{t.l} << Z_{Th}$ (short line) ∴ $I_{s.c}\big|_A = \frac{E}{Z_{Th}}$

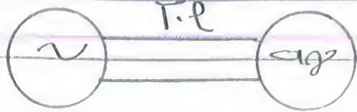
$$I_{s.c}\big|_B = \frac{E}{Z_{Th} + Z_{t.l}}$$

مفيش فرق كبير بين التيارين
وبالتالي عملية الـ mail operat وذلك لأن الفرق بين تيار s.c صغير جداً

if ∴ $Z_{t.l} >> Z_{Th}$ (long line)

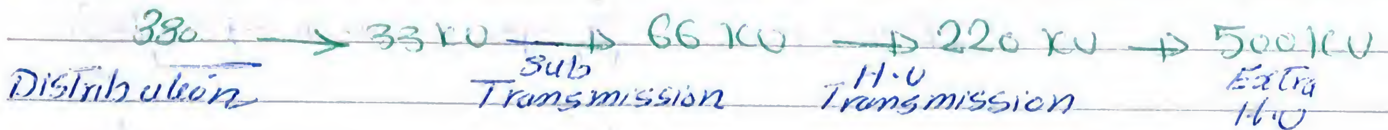
$$I_{s.c}\big|_A = \frac{E}{Z_{Th}} \quad \& \quad I_{s.c}\big|_B = \frac{E}{Z_{t.l} + Z_{Th}}$$

في هذه الحالة إختيار عند B تداخل الى اختيار الحمل
$I_{sc}/_B$ may equal maximum load current
وبالتالي لا نستطيع التمييز بينهم.



⊕ أهمية الخط أي لو الخط بيغذي منطقة مهمة لازم مهندس الحماية يضع كل ذلك في اعتباره

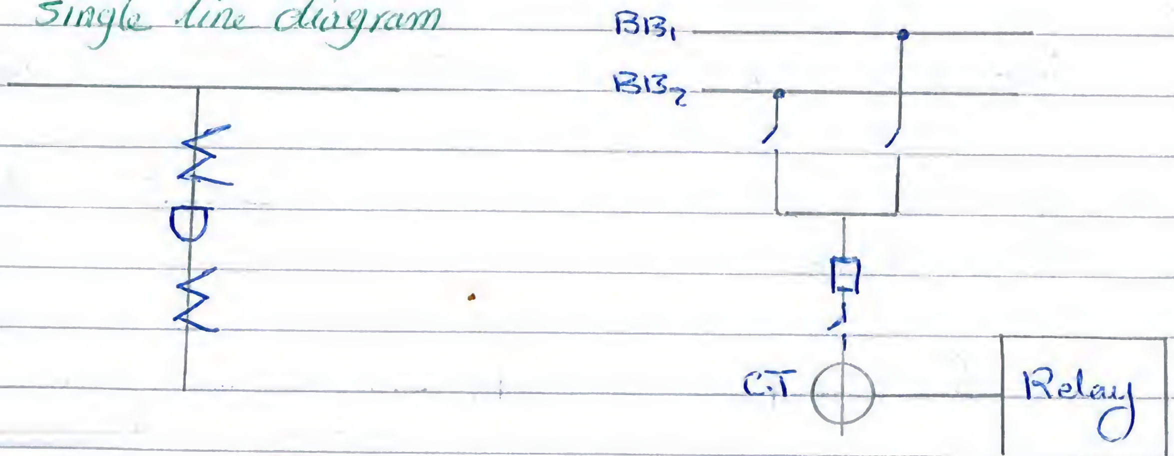
⊕ " Voltage level " تزيد أهمية الحماية كلما زاد مستوى الجهد



⊕ أي نظام حماية تمثل a single line diagram

* Drawing Required for protective Relaying system

① single line diagram



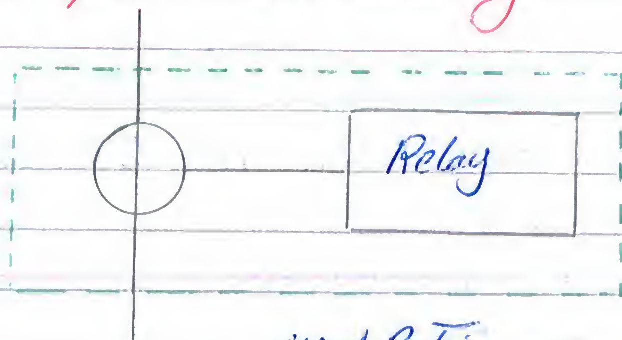
مهم → الرسم لابد أن يكون به الآتي.

① location of C.T and p.t .
② C.T & p.T Ratio. (The used ratio shouldbe Identified)
③ polarity
④ The protection unit which are feed by such C.T and p.t's
⑤ short circuit Current & Max. load

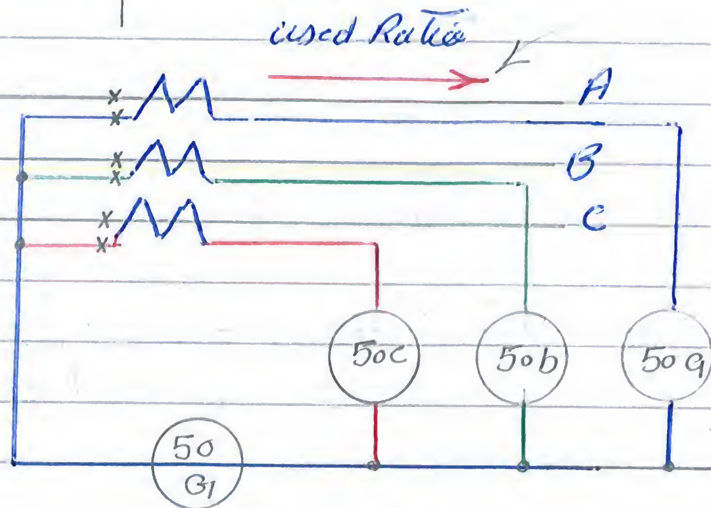
كل ذلك يتم توضيحه في single line Diagram

* Three phase AC drawing.

يتم رسم كل جزء كـ (3Φ)



* دائماً الثانوي لل CT بـ 5A أو 1A
عشان نحول 5A الى 1A
نستخدم (Matching CT)

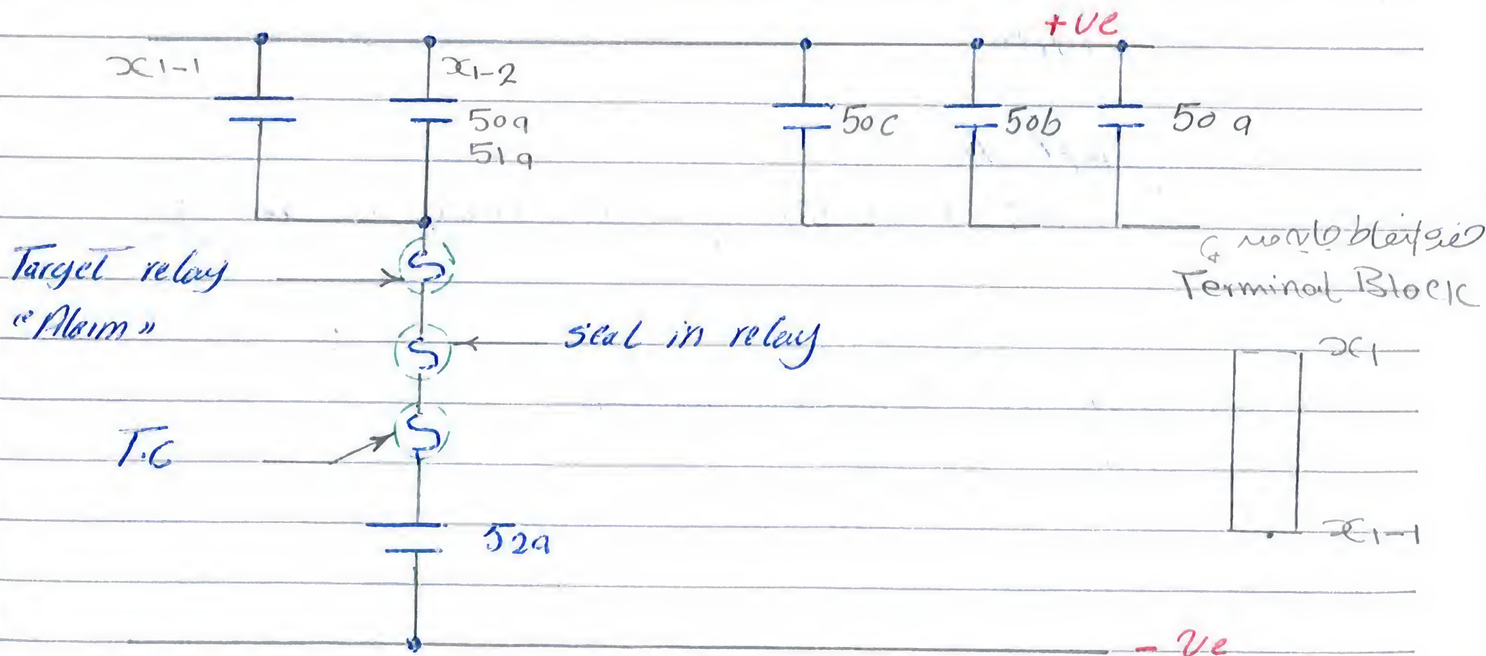


Max. load
, or, (Min, Max) S.C
current

بـ AC drawing يحتوي على
primary &
secondary circuit

* DC Tripping circuit

مهم للرسومات



* 110 V (+50, -50) V   S* 24 V (12, -12) V

* تذكر هذه الأرقام مهم

(1) DC supply   (2) Tripping contacts
(3) Auxilary relay * and there contacts   (4) Trip circuit

: The protective devices available for Transmission line protection are :

a. Fuses. b. sectionalizer, Reclosers.
c. instantenous over Current.
d. Inverse, time-delay, over current.
e. Directional over Current.
f. Distance. g. pilot.

: Inverse time delay over Current Relay.

: نحتاج أعرف الـ شبكة اللي هشتغل عليها Radial ولا فيها تغذية من أكثر من مصدر (infeed)

Given The following :
① T.L Type from the feed point of view.
A- Radial B- there is an ifeed.
② Max. load
③ S.C (min & max)
④ Relay Type

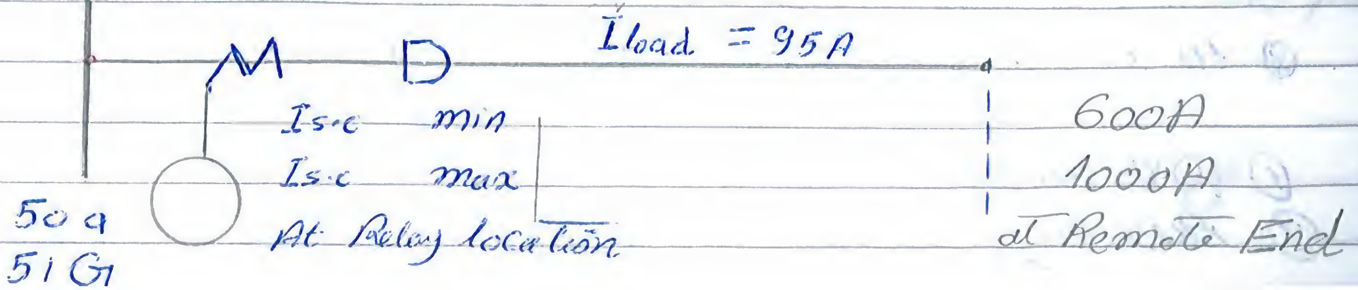
المطلوب لاتي

1- select The C.T ratio To be used
2- Calculate relay setting (Time delay o.c relay)

Time — over Current

a) pick up Current setting — لازم اعرف الاتنين
b) Time setting

Very simple radial T.L — أولاً : نبدأ بـ



لو الريليه لوحده مش محتاج أعمل discrimination فنشتغل الجزء الأول
علشان اختار السيتنج.

① C.T ratio Calculation.

لحساب ال (C.T Ratio) يعتمد ذلك على شيئين.
← نوع الريلاي (Conventional - static - Computerized)

∴ اذا لم نذكر تيار الثانوى ← يكون الثانوى (5A)
ويتم حساب تيار الابتدائى بناء على max allowable load current

$\therefore I_{max\,(load)}$ say $= 95A$

$\therefore$ C.T ratio $= \frac{I_P}{I_S} = \frac{95}{5}$

ولكن هذه النسبة غير موجودة ولذلك نأخذ أقرب قيمة

⇒ select the next nearest value $= \frac{100}{5}$

⇒ Check C.T saturation error 5% for 20 times of rated current. 5P20

$\therefore I_{s.c}/_{max} = 20 * 100 = 2KA$

(if) $I_{s.c}$ at relay location $> I_{s.c}/_{max}$

$\therefore$ C.T will saturated

$\therefore$ Select the next ratio to avoid saturation.

② pick up Current setting.

pick up setting rules

Select

$I_{pickup} > 95$ (max allowable load current)

علشان الريلاي يـ pick up

$\therefore I_{pickup} \geq (1.5 - 2)\, I_{max/load}$

ويكون أيضاً أقل من تيار الـ $s.c/_{min}$ عند نهاية الخط "Remote end (RE)"

وعلشان نغطي الـ s.c ال "arc resistance" فاحنا بناخد الـ arc لأقل

من تيار الـ s.c ممكن نشوف بناخد تيار الـ pickup أقل من $(\frac{1}{3})$ تيار $I_{s.c/min}$

$$\frac{1}{3} I_{s.c/min\ R.E} \geq I_{pickup} \geq (1.5 - 2)\, I_{max\ load}$$

* Current setting for phase element.

$$\therefore \frac{1}{3} I_{s.c/min} \geq I_{pickup} \geq (1.5 - 2)\, I_{max\ load}.$$

$$\therefore \frac{1}{3} * 600 \geq I_{pick\ up} \geq 2 * 95$$

$$200 \geq I_{pickup} \geq 190$$

$$\therefore I_{pickup} = (190 \longrightarrow 200)\, A$$

I_{pickup} at primary side $= 200A$

Relay pick up current $= \frac{200}{n_c} = I_s = \frac{200}{20} = 10A$

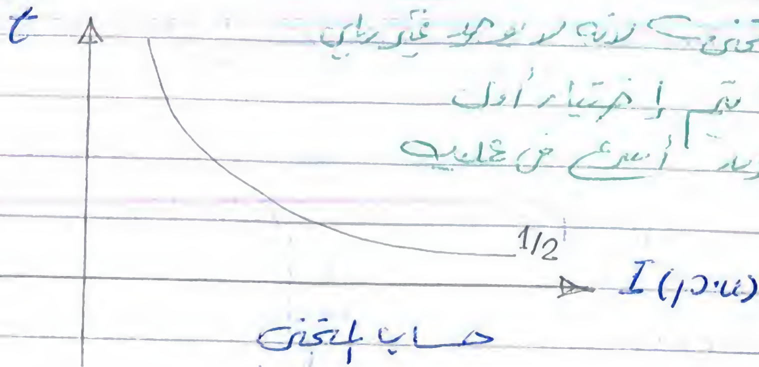
⇒ Current setting for Ground (Earth) Relay. $(3I_o)$

$$\therefore I_{pickup} \geq 2 * (3I_o)$$ → max normal operational neutral Current

⇒ Standard for Ground Relay setting $= 10\%\, I_{f.l}$ $\therefore I_{f.l} = \frac{95}{20}$

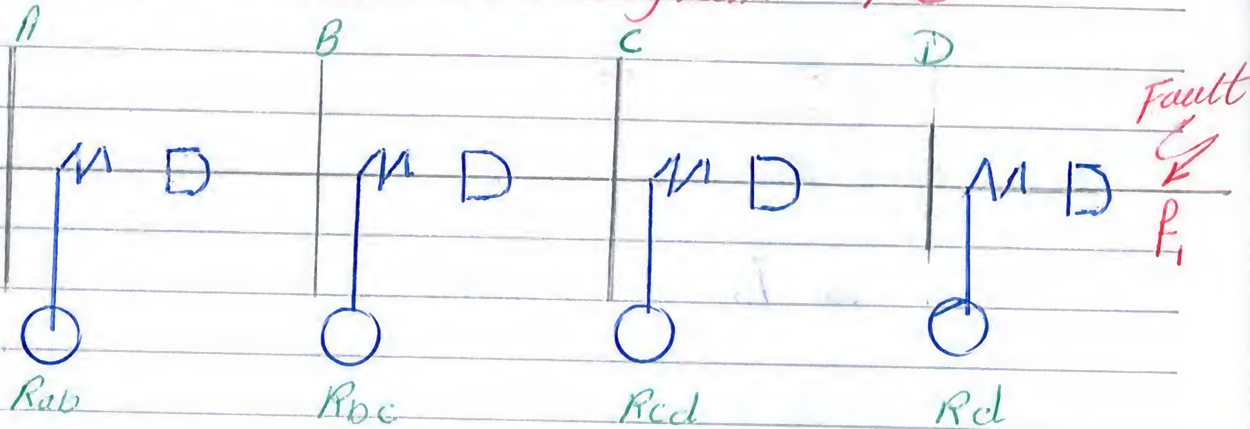
$$= \frac{95}{20} * \frac{10}{100} = 0.475 \simeq 0.5A$$

* Time setting " very simple radial system "



∴ يتم إختيار أول مفتاح لأنه لا يوجد فيما يلي واحد مباشر يتم إختيار أول مفتاح فصل تكون أسرع من عليه الفصل

Ex more Than one segment T.L



Given → max load Current ,
→ min and max S.C Current .

Required → Current setting
→ time setting.

∴ عند حدوث fault (F_1) الريليه Rd :
∴ لابد أن يفصل أولاً وبأسرع ما يمكن

∴ To Calculate The setting for The last segement T.L relay (Rd) Clearing time of Rd.

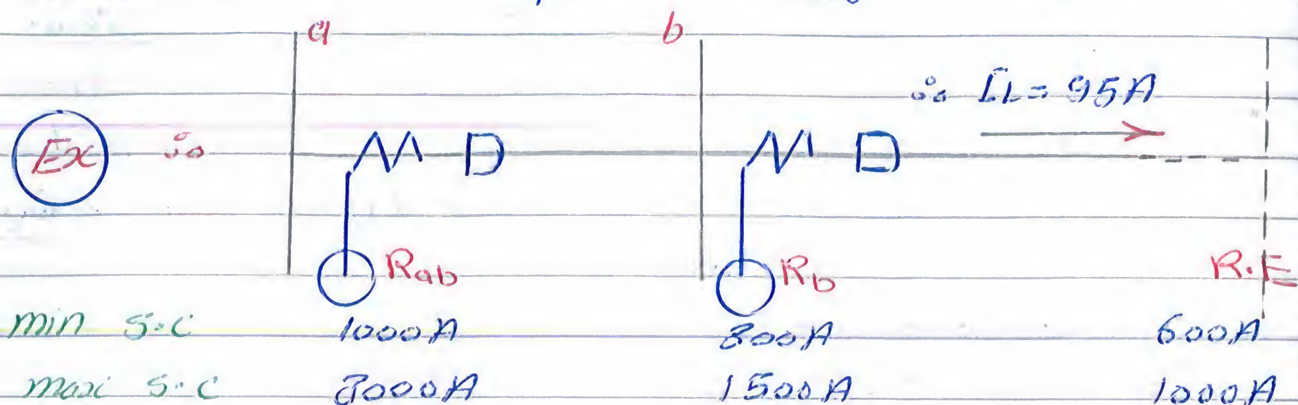
$$T_d = t_{Rd} + C.B\ Time$$

أما بالنسبة للريلي Rcd فإنه سوف يعمل في نفس الوقت ولكن هناك زمن آخر في عملية الفصل

$$(T_{cd} > t_d)$$

∴ operating time of Rcd $= T_d + S$

S ⇒ Tolerance Time زمن السماح
(200 To 500 msec)
عيب هنا لو القاطع اللى قبل الـ fault تأخر (Sustain) فترة كبيرة



min S.C	1000A	800A	600A
max S.C	3000A	1500A	1000A

∴ Caculate The inverse Time over Current Relay setting.

① phase Relay (Rb).

∴ $I_{max}\Big|_{Load} = 95A$

∴ Current setting rules.

∴ $\frac{1}{3} I_{s.c}\Big|_{min\,(R.E)} \geq I_{pickup} \geq (1.5 - 2)\, I_{max}$

$\frac{1}{3} * 600 \geq\ ∴ I_{pick\ up} \geq 2 * 95$

∴ $200\ A \geq I_{pickup} \geq 190\ A$

∴ $I_{pick\ up} = (190 \rightarrow 200)\ A \simeq 200A$

Relay select setting Current $= \frac{I_P}{n_c} = \frac{200}{20} = 10A$

∴ Check The C.T saturation for $5P_{20}$

∴ I_{max} (secondary) $= 20 * 5 = 100A$

∴ $I_{sc}\Big|_{max} = 20 * 100 = 2000A$

if ⇒ $I_{s.c(max)} > I_{s.c}|_{max}$ at relay location.

(or) $I_{permissable}$ s.c Current for the C.T > I_{max} at Relay location

∴ C.T is ok

لو تيار ال s.c المسموح بيه لل CT أكبر من s.c عند Relay location فابدل CT

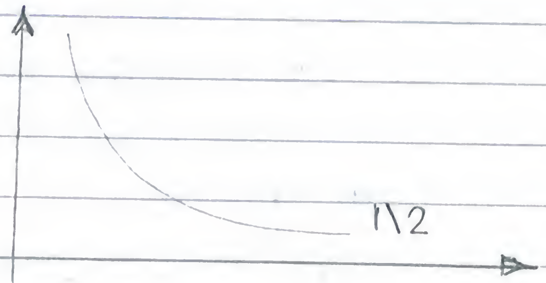
لا يكون له تشبع.

∴ $I_{pickup} = \frac{200}{20} = 10A$

[illegible]

② Time dial setting.

since there is no relay in front of this relay the T.D o.c cks is 1/2.



⊛ For ground relay element

[illegible] $I_{pick\ up}(G15) = 10\%\ I_{f.l.} = \frac{10}{100} \times \frac{95}{20} = 0.5A$

. And select Fast cks.

⇒ For Relay Rab ∴ $I_{max}|_{load} = 95A$

Current setting rule $\frac{1}{3} * 800 \geq I_{pickup} \geq 2 * 95$

Remote end (Rab → b) ⊛ آخر نقطة الريلاي يحميها

* Remote end s.c Current for Rab = 800A

∴ $266.67 \geq I_{pickup} \geq 190$

∴ Range of Ipickup (I_P) from.
(190 ⟶ 266.67) A

∴ Select Ipickup = 200 A
Relay Current setting = $\frac{200}{20}$ = 10 A

* $I_{max}|_{s.c}$ for This C.T = 20 * 100 = 2 KA

The max s.c Current at Relay location is > 2000 A
C.T is not ok.

Then select The next C.T Ratio (200/5)

∴ $n_c = \frac{200}{5} = 40$

∴ $I_{max}|_{s.c}$ for This C.T = 20 * 200 = 4000 A

This C.T Ratio is ok

Current setting for phase relay 51a rule.

$\frac{1}{3} * 800 \geq I_{pickup} \geq 2 * 95$

∴ Ipickup = 200 A

∴ Relay Current setting$|_{Secondary}$ = $\frac{200}{40}$ = 5 A

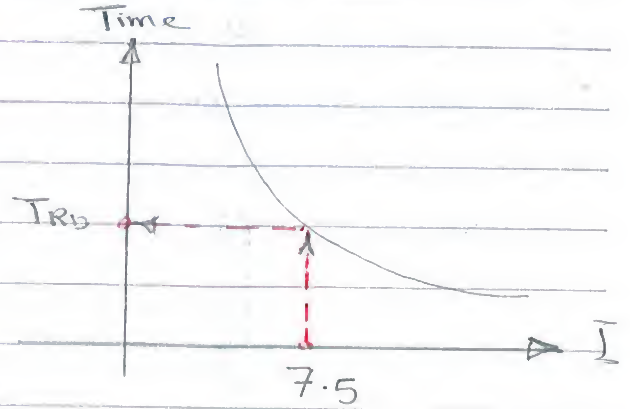
⟹ Time setting : Find The operating time of The Front Relay during a max s.c Current at it's locations

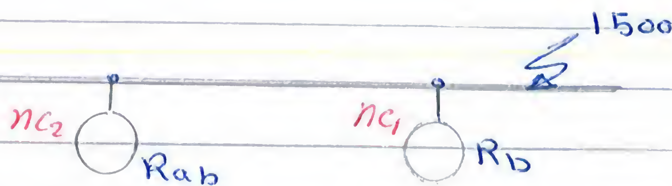
∴ $I_{s.c}|_{max}$ = 1500 A

$\therefore I_{R_b} = \frac{1500}{n_c} = \frac{1500}{20} = 75\ A$

$\therefore I_{R_b}/_{p.u} = \frac{Actual}{Relay\ setting} = \frac{75}{10} = 7.5\ p.u$

Apply This condition on The (1/2) Time dial setting R_b





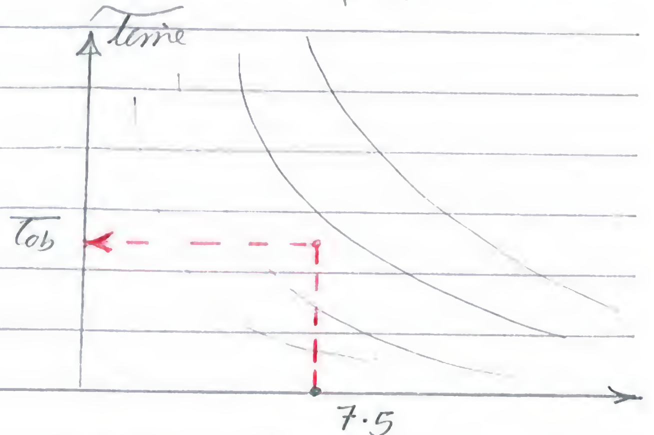
⇒ The Relay R_{ab} should operate For This Fault For Time $= T_{R_b} + S$ (1) → Tollerence

$\therefore T_{ab} = T_b + 300\ msec. = \checkmark\checkmark$

$\therefore I_{s.c}/_{current} = \frac{1500}{n_{c_{ab}}} = \frac{1500}{40} = 37.5\ A$

$\therefore I_{s.c}\ (in\ p.u) = \frac{37.5}{5} = 7.5\ p.u.$

الآن لدينا قيمة (p.u) وكذلك يوجد الزمن (tab) نضع ذلك على منحنى CKS
وإذا لم تقع النقطة على المنحنى نأخذ المنحنى الأعلى.



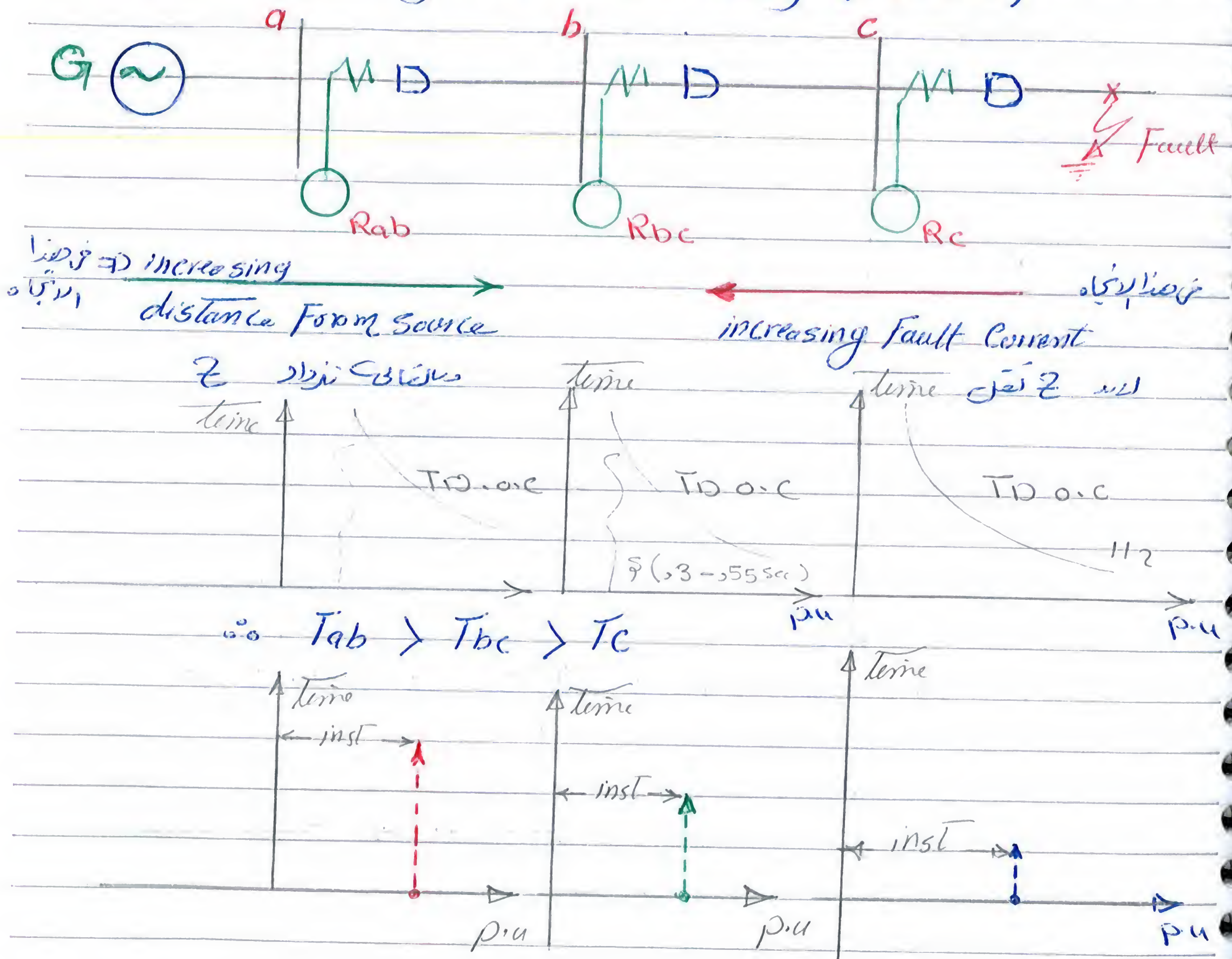
⊗ Ground Relay.

$\therefore I_{pickup}\ (51G) = 10\%\ f.l\ Current$

$= \frac{10}{100} \times \frac{95}{40} = 23\ A$

4-4 Instantenous over Current relay (50).

وهو يعمل عندما يصل عندها زاد التيار (زمن ثابت).
ويستخدم في instantenous أدق ريلاي ليستخدم لحماية الجزء
(section) الخاص به. أي لا يكون بريلاي Back up للريلاي الآخر وهذا عكس
→ Time delay over current Relay (TD o.c.r)



← التيار عند c أقل منه عند b أقل منه عند a وذلك لأن Z تقل بالتالي
فيتم عمل Coordination بالتالي عن طريق عمل Setting مختلف

Setting (a) < Setting (b) < Setting (c)

Time (a) > Time (b) > Time (c)

Transient over shot (reach) : The tendency of The relay to operate For a s.c current greater Than it's setting.

" Transient over shot " العامل اللي بيأثر على ا

$$\therefore I_{s.c} = I_{AC} + DC \text{ offset}$$

يعني ا DC component أو DC offset يعني زيادة في تيار القصر (s.c current)

$$\therefore DC \text{ offset} = A e^{-t/T}$$

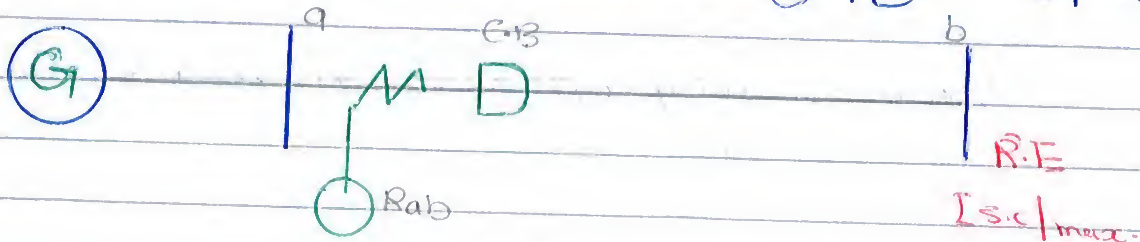
$\tau \Rightarrow$ Time constant ($\tau = \frac{\ell}{R}$) of The network.

$\therefore$ (iF) $\Rightarrow$ τ is very small Then The DC offset will die.

- In case of (H.V) $\rightarrow \tau \uparrow\uparrow$
- In case of (L.V) $\rightarrow \tau \downarrow\downarrow$

(*) Rules of setting For instantinous o.c Relay.

. القواعد بتاعت ضبط ا instantinous over c. relay في إني بيشتغل



(1) Setting or ⇒ pick up value.

$$90\% \, I_{sc}|_{min} > I_{pickup} \geq (125 - 135)\% \, I_{s.c}|_{max}$$

at relay location — at R.E

(2) Select C.T Ratio

(3) Test of saturation For C.T.

∴ if $I_{pickup} < 20\ I_{rated} \Rightarrow$ C.T is ok
primary (or) secondary — primary (or) secondary

∴ if $I_{pickup} > 20\ I_{rated} \Rightarrow$ C.T will saturate

(4) Check For relay operation For min S.C Current at relay location.

يتم عمل مقارنة بين قيمة (pickup) ← اللي تم حسابها ، وبين قيمة تيار ، Relay location is $I_{s.c}|_{min}$ ← اللي تكون معطى .

(if) ∴ $I_{pickup} < \text{min s.c}|_{\text{at relay location}}$
Relay will operates.

(if) ∴ $I_{pickup} > \text{min s.c}|_{\text{at relay location}}$
Relay doesn't operate « mail to operate » (or)
∴ No need to instantaneous relay (50)

(5) Check For relay operation at max s.c Current at relay location.

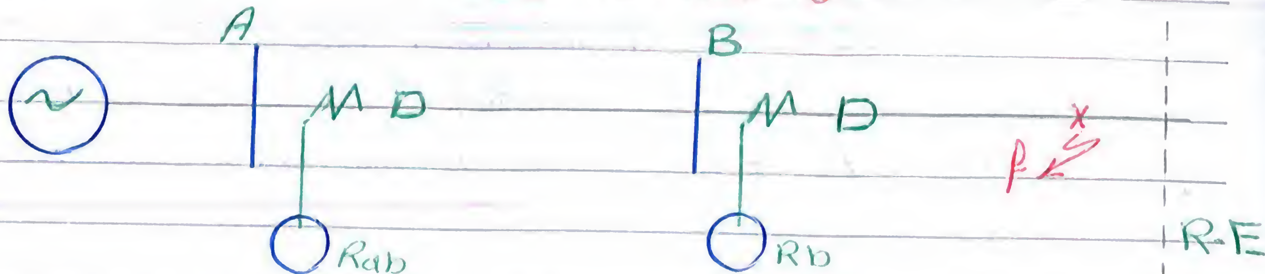
$$\frac{I_{s.c}|_{max}}{I_{pickup}}$$ ← at Relay location.

النسبة > 1.4 (40%)
(50) يتم وضع ريليه

النسبة < 1.4
No need to put (50)

المقصود بـ 40% أي الرقم الصحيح (40%) مع خط فقط

Example :- (4-7) Set The instantenous relays at buses A and B.



min S.C	1000A	800 A	600 A
max S.C	3000A	1500A	1000A

① Begin with remote end setting of (Rb)

$$I_{pickup} \geq 135\% \; I_{s.c}\Big|^{R.E}_{max}$$

$$\therefore I_{pickup} = \frac{135}{100} * 1000 = 1350 A$$

② select The C.T Rates ⇒ as $\frac{100}{5}$

$$\therefore I_{pickup} = \frac{1350}{100/5} = 67.5 A$$

③ Test for C.T saturation

if $I_{pickup} > 20 \, I_{rated}$ ⇒ C.T will saturate

$I_{pickup} = 1350A$, $20 * 100 = 2000A$

$\therefore I_{pickup} < 20 \, I_{rated}$ ⇒ C.T is ok.

④ Compare between I_{pickup} & $I_{s.c\,min}\Big|_{at\ relay\ location}$.

$\therefore I_{s.c\,min}\Big|_{at\ relay\ location} = 800 A$

$I_{pickup} > I_{s.c\,min}\Big|_{at\ relay\ location}$

No Need for 50

(5) $\dfrac{I_{sc}|_{max}}{I_{pickup}} = \dfrac{1500}{1350} = 1.11 < 1.4$

$\Rightarrow$ No Need for instantinous relay.
(Relay 50) لشرط انّه خبر يؤكد عدم وجود

∴ No need For Rb To be instantinous o.c Relay.

For Relay Rab

(1) setting

∴ $I_{pickup} = \dfrac{135}{100} * I_{s.c\,max}\Big|_{R.E} = \dfrac{135}{100} * 1500$

∴ $I_{pickup} = 2025\ A$

(2) select C.T Ratio $\Rightarrow$ as $\left(\dfrac{100}{5}\right)$

∴ $I_{pickup} = \dfrac{2025}{100/5} = 101.25\ A$

(3) test For C.T saturation

∴ $I_{pickup} = 2025\ A$

$20\ I_{rated} = 20 * 100 = 2000\ A$

∴ $I_{pickup} > 20\ I_{rated} \Rightarrow$ C.T will saturated
Then we select the next ratio (200/5)

∴ $20 * 200 = 4000\ A$

∴ $I_{pickup} < 20\ I_{rated} \Rightarrow$ C.T is ok

$I_{relay\ pickup} = \dfrac{2025}{200/5} = 50.62\ A$

(4) $I_{s.c}|_{min}$ at relay location $= 1000\ A$

∴ $I_{pickup} = 2025\ A$

∴ $I_{pickup} > I_{s.c\,min} \Rightarrow$ no need For Relay (50)

or if we used secondary pickup current.

$$\therefore I_{pickup} = \frac{2025}{200/5} = 50.62\,A$$

$$I_{s.c\,min}\Big|_{\text{at relay location}} = \frac{1000}{40} = 25\,A$$

$50.62 > 25\,A$ ⇒ (No Need for 50 Relay)

(5) $I_{s.c\,max}\Big|_{\text{(at relay location)}} = 3000\,A$

$$\therefore \frac{I_{s.c\,max}}{I_{pickup}} = \frac{3000}{2025} = 1.5$$

Ratio > 1.4

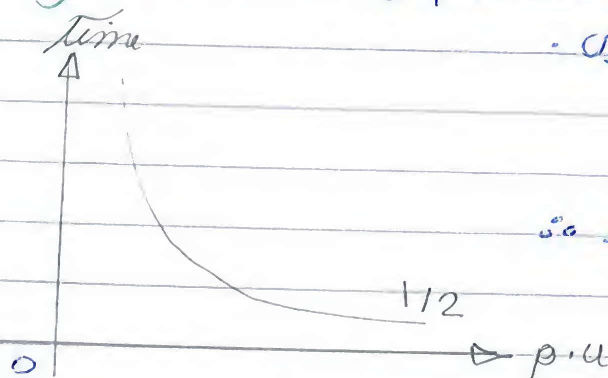
↳ R_{ab} is an instantinous relay.

(**) Time delay over current relay — بالنسبة ل

$$\frac{1}{3} I_{s.c\,min}\Big|_{R.E} \geq I_{pickup} \geq (1.5 - 2)\, I_{max}\Big|_{load}$$

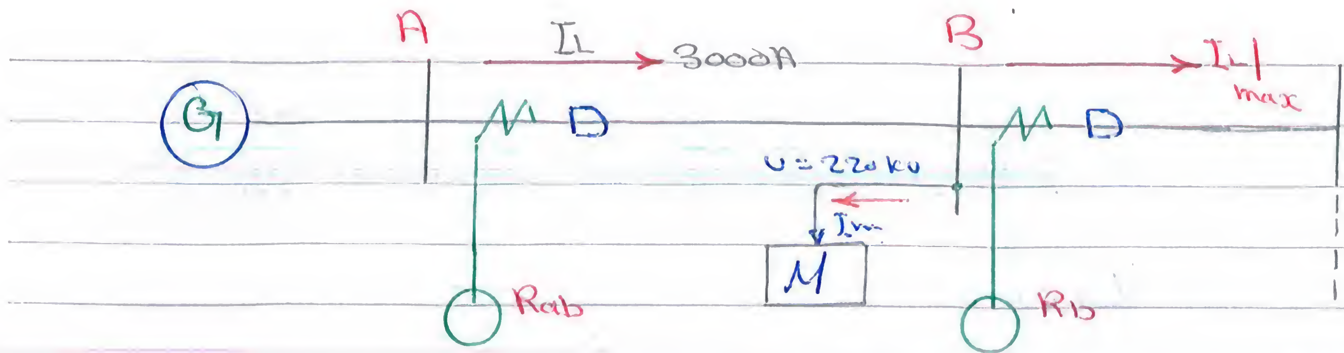
⇒ to Calculate operating time (time dial) setting.

(*) For Relay R_b — تم إختيار أسرع Time dial لأنه آخر ريلاي ليس أمامه ريليهات أخرى.



$$\therefore I_{p.u} = \frac{I_{s.c\,max}}{I_{setting}}$$

$$\therefore t_{ab} = t_b + \delta\,(300\,msec - 500\,msec)$$



ملحوظة: في حالة توصيل محرك على الـ Bus Bar B نجد تيار الحمل للريلاي Rb هو I_L وحسابه نعمل الحساب ده

$P_m \quad S \quad \eta \quad S \quad \cos\phi$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{input}} \times 100 \longrightarrow \text{get } P_{in}$$

$$\therefore P_{in} = \sqrt{3} \times U \cdot I_m \cos\phi$$

get $I_m = \checkmark\checkmark$

$$\therefore I_L\Big|_{\substack{max \\ Rb}} = I_s - I_m$$

علي فرحات

Chapter "5" — Non-pilot Distance protection of Transmission lines

Distance Relays

Non-pilot Distance protection of Transmission lines

pilot Distance protection of Transmission lines

حماية الخطوط الهوائية (O.H.T.L) يتم ذلك بطريقتين .

① استخدام ما يسمى بـ Non-pilot protection .

② " " " pilot protection .

النوع الأول يأخذ قراراته بناءً على المعلومات من المكان الذي يوجد فيه فقط . أما بالنسبة للنوع الثاني فهو يتمتع بـ Two function قراراته تعتمد على local parameter الموجودة فيه وأيضا الإشارة المستقبلة من Remote end

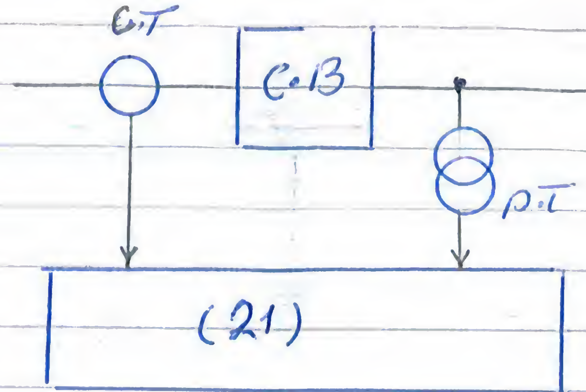
⇒ it is not possible to instantaneously clear a fault from both ends of Transmission line if the fault is near one ends of Transmission lines, This is due to the fact that in detecting a fault using only information obtained at one end Fault near the Remote end Cannot be cleared without the introduction of some time delay.

رقم هذا الريلاي في (ANSI / IEEE) هو (21)

protection elements

① over head Transmission lines ② under ground Cable.
③ As a Back up Relay for power Transformer (Q > 125 MVA)
④ Generator protection

Types of distance Relay. (21)



① Impedance distance Relay.

② Reactance distance Relay.

③ Mho distance Relay or admittance Relay $(=\frac{1}{Z})$

معلومة: من المعروف أن معادلة الدائرة عبارة عن

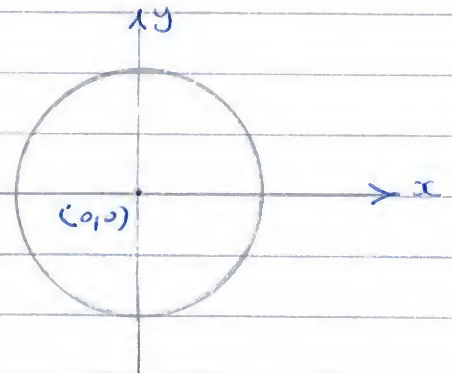
$$x^2 + y^2 = z^2$$

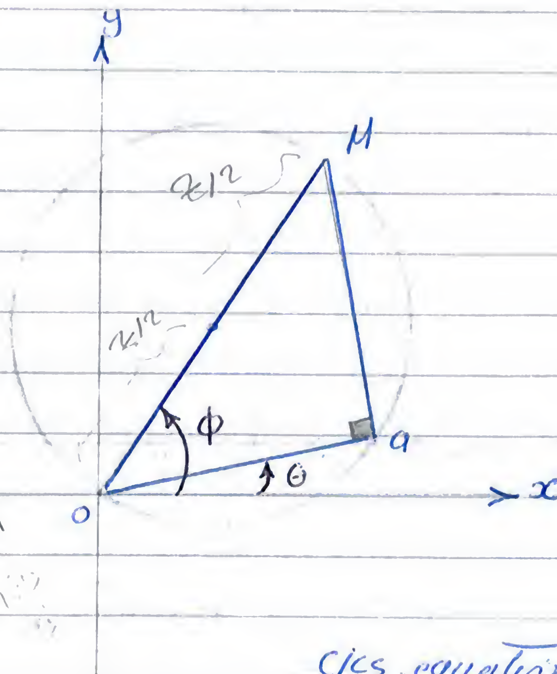
معادلة دائرة نصف قطرها (Z)

$x^2 = 0 \Rightarrow x = 0$

$y^2 = 0 \Rightarrow y = 0$

∴ Center of the circle (0,0)





∴ هناك صورة أخرى لمعادلة الدائرة

∴ $oa = f(\theta, \phi)$

حيث θ تتغير من (0 ⟵ 360)

cics equation ∴ $oa = oM \cos(\theta - \phi)$

← هذه المعادلة معادلة دائرة نصف قطرها $\frac{oM}{2}$ ومركزها متحرك أو متغير فقط يميل بزاوية ϕ أو ٢

∴ والآن دعنا نشرح كل هذه الأنواع للريليه كل "على حده".

The impedance Type distance Relay. * أولاً:

* تعريف ⟹ it's over current with voltage Restrained Relay.

Current element ⟹ Current element produce positive Torque
voltage element ⟹ produce negative Torque.

Measured impedance ⟹ impedance seen by The Relay from Relay location To fault location.

impedance Relay input quantity

I ⟹ operating quantity — قوة تعادل التشغيل
V ⟹ restraining quantity — " مانع التشغيل

. Torque equation

$$\therefore T = K_1 I^2 - K_2 V^2 - K_3$$ spring باهمال

$$\therefore T = K_1 I^2 - K_2 V^2$$

عند تأثير الـ DISK على وشك الحركة تكون محصلة العزم تساوي صفر.

$$\therefore K_1 I^2 = K_2 V^2$$

⟹ +ve Torque when $\therefore K_1 I^2 \geq V^2 K_2$

$I = R + jx$ & $V = R + jx$

$$\therefore \frac{V^2}{I^2} \leq \frac{K_1}{K_2} \implies \frac{V}{I} \leq \sqrt{\frac{K_1}{K_2}}$$

$$\therefore Z \leq \sqrt{\frac{K_1}{K_2}}$$

Z: From Relay location To fault location

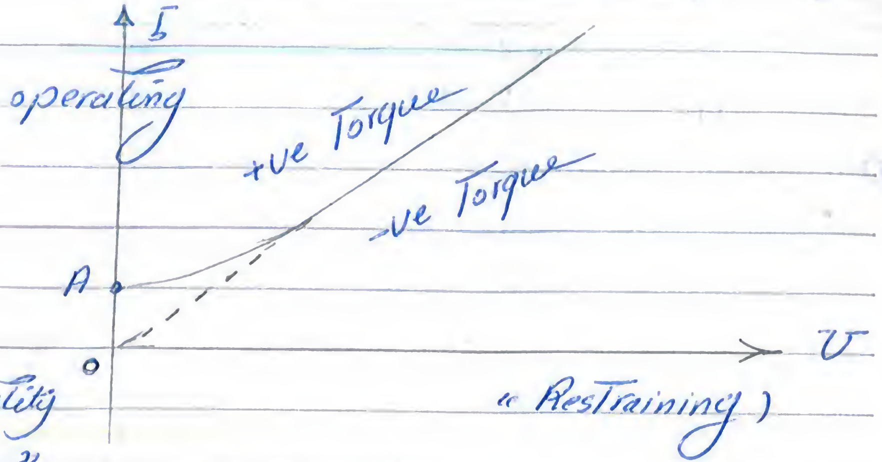
V/I: Voltage & Current at Relay location

لماذا سمي هذا الريلاي بهذا الاسم.؟

$$\therefore Z_{tot} = Z_{per\,km} * distance\ (km)$$

because The measured impedance is a function of distance
لأن مسافة معينة لها impedance معينة لذلك أطلق عليه هذا الاسم.

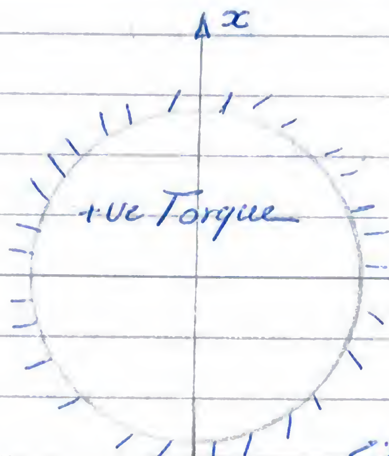
The operating CKS of an impedance Relay on (I & V)



operating المسافة هي خط الـ
وهي (OA) تعريف أقل قيمة
للتشغيل وذلك بسبب وجود قوة
للاحتكاك والـ spring يسمى
« minimum operating quantity
« minimum pickup value »

operating CKS of an impedance Relay on (R-X) Diagram

Block
-ve Torque

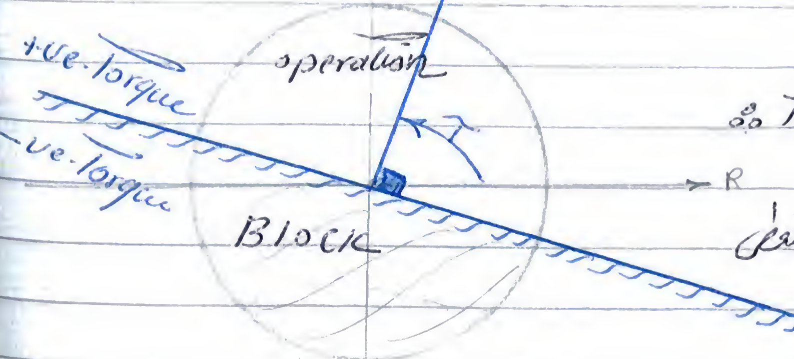


$\therefore Z = \sqrt{x^2 + R^2}$

⇐ حيث يعمل الريلاي لأي قيمة من Z بحيث
تكون أقل من نصف القطر أي داخل
الدائرة لان العزم يكون (+ve)

⇐ ولا يعمل لأي قيمة Z أكبر من نصف القطر لان العزم
يكون (-ve) وهذا الريلاي كما هو مبين من الشكل أنه يعمل
يرى قيمة الـ Z في الربع الأول والثاني والثالث والرابع وحتى يكون Directional
نضيفه (Directional element)

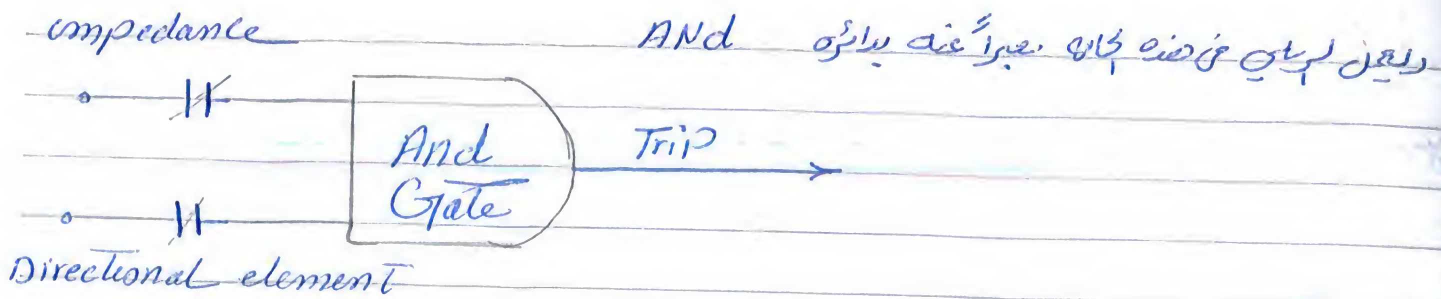
non. Directional Relay



⇐ معادلة الـ Directional element

$\therefore T = KVI \cos(\theta - \tau)$

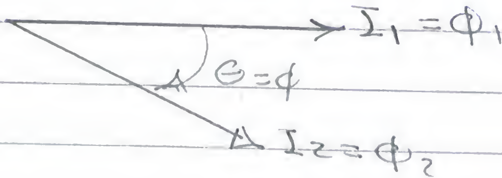
كيف نرسمه يكون عند زاوية (τ) وإذا لم تعطى
تكون هي زاوية Z



Directionality (الإتجاهية)

كلمة Directional أي يعمل في اتجاه معين عندما يكون $T = +ve$
والا يعمل عندما يكون $T = -ve$

بفرض أن لدينا Two input quantity للريلاي (I_1 & I_2) و I_2 متأخر عن I_1 بمقدار زاوية $(\phi = \theta)$



$\therefore I_1 = I_{m_1} \sin \omega t$

$\therefore I_2 = I_{m_2} \sin(\omega t - \theta)$

$\therefore I_1 \propto \phi_1 \implies \phi_1 = \phi_{m_1} \sin \omega t$

$\therefore I_2 \propto \phi_2 \implies \phi_2 = \phi_{m_2} \sin(\omega t - \theta)$

كل من ϕ_2 و ϕ_1 يولدان induced voltage في الـ disk حيث $e = N \frac{d\phi}{dt}$

$$\therefore e_1 = \frac{d\phi_1}{dt} = \omega \phi_{m_1} \cos \omega t \propto i_1$$

$$\therefore e_2 = \frac{d\phi_2}{dt} = \omega \phi_{m_2} \cos(\omega t - \theta) \propto i_2$$

$$\therefore T = KF = i_2 \cdot \phi_1 - i_1 \phi_2$$

$$= K I_{m_2} \underbrace{\cos(\omega t - \theta)}_{B} \cdot I_{m_1} \underbrace{\sin \omega t}_{A}$$

$$- I_{m_2} \sin(\omega t - \theta) \cdot I_{m_1} \cdot \cos \omega t$$

$$\implies \sin(A - B) = \sin A \cdot \cos B - \cos A \cdot \sin B$$

$\therefore F = I_{m1} \cdot I_{m2} \sin(\omega t - (\omega t - \theta))$

$\therefore F = I_{m1} \cdot I_{m2} \sin(\theta + \omega t - \omega t)$

net force $= I_{m1} \cdot I_{m2} \sin\theta = T$

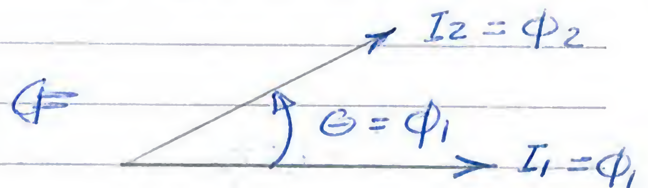
where $\theta \Rightarrow$ is the angle between two input quantity

$\Rightarrow$ two input used in directional elements

1. I_1 & I_2
2. V_1 & V_2
3. I_1 & V_2

$\therefore T = +K_1 I_1 I_2 \sin\theta - K_2$ (spring)

maximum torque at $(\theta = \tau = 90)$

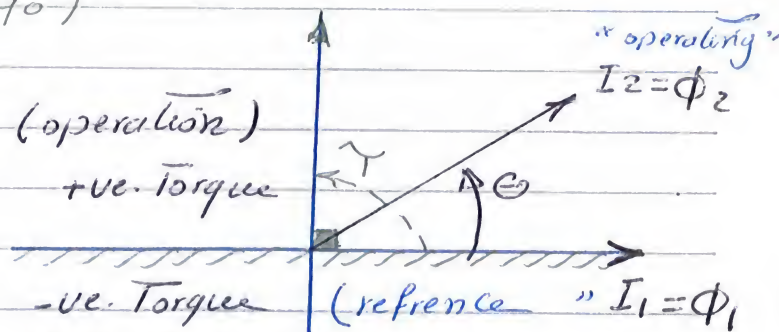


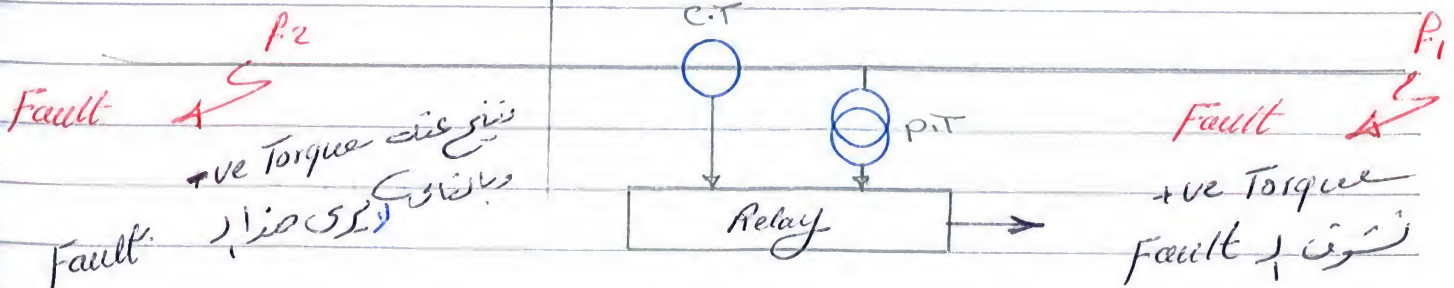
$\therefore \theta \Rightarrow (0 \rightarrow \pi)$

$\therefore T = +ve$ (الربع الأول والثاني)

$\theta \Rightarrow$ (الربع الثالث والرابع)

$\therefore T = -ve$





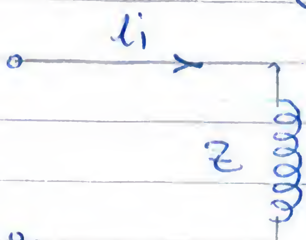
ref استغلال ما سبق نجد أنه لكي نحصل على max. Torque لابد أن تكون الزاوية بين

operating quantity و (90°) تساوي

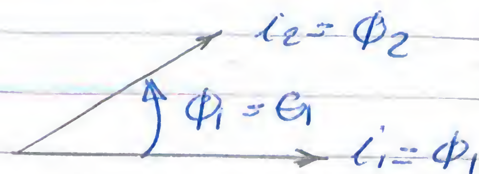
operating بتحريك الـ ref بحيث تتغير الزاوية بينهم لنحصل على max. Torque

بـ operating كبيث نص الزاوية 90 ننكون قد حصلنا على

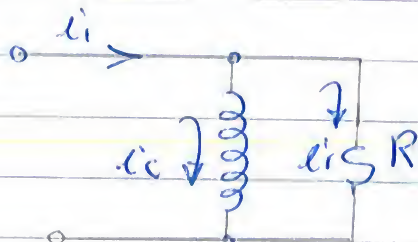
تشغيل تحريك فيض Flux لل reference دكليه (i_1)



$\therefore i_1 \Rightarrow \phi_1$



ممكن إذا تم وضع مقاومة توازي shunt مع الف منحرف إبتيار اي كل ... $i_c > i_r$



$\therefore I_1 = i_c + i_r$

$\therefore i_c = i_1 \cdot \frac{R}{R+Z}$

تخلف الفيض بوضع مقاومة أو مكثف

$\therefore i_r = i * \frac{Z}{R+Z}$

$\therefore x_c = \frac{1}{\omega c}$ ؛ $c = -j x_c$

$\therefore l = +j x_l \Rightarrow x_l = \omega l = 2\pi f . l$

$\therefore I_c = I_1 \,|\underline{-\phi}$ $\Rightarrow$ Current Coil

$i_r \Rightarrow$ Current resistance

له المسئول عن الفيض المتأخر

$\therefore I_1 \text{ coil} = k I_1 \sin(\omega t - \phi)$

$\therefore \phi_1 = k_1 I_1 \sin(\omega t - \phi)$

$\therefore I_2 = k I_2 \sin(\omega t + \theta)$

$\therefore \phi_2 = k I_2 \sin(\omega t + \theta)$

$\therefore e_1 = \frac{d\phi_1}{dt} = k I_1 \omega \cos(\omega t - \phi) \quad \alpha\, i_1$

$e_2 = \frac{d\phi_2}{dt} = k I_2 \omega \cos(\omega t + \theta) \quad \alpha\, i_2$

$\therefore T = k f_{net} = i_1 \phi_2 - i_2 \phi_1$

$T = k I_2 \sin(\omega t + \theta) \cdot k I_1 \omega \cos(\omega t - \beta)$

$- k I_1 \sin(\omega t + \theta) \cdot k I_2 \omega \cos(\omega t + \theta)$

$$T = K_1 I_1 I_2 \sin(A-B)$$
$$= K I_1 I_2 \sin(\omega t + \theta - \omega t + \phi)$$

$$\therefore T = K I_1 I_2 \sin(\theta+\phi)$$

$$T \Rightarrow T_{max}$$
at $\theta + \phi = 90$

$$\phi + \tau = \frac{\pi}{2}$$

$$\therefore \phi = \frac{\pi}{2} - \tau$$

$$T = K I_1 I_2 \sin(\theta + \frac{\pi}{2} - \tau)$$

$$T = K I_1 I_2 \cos(\theta - \tau)$$

max. Torque line

operation

+ve. Torque

-ve. Torque Block.

τ $\quad I_2$ $\quad \theta$ $\quad I_{ref}$ $\quad \phi$ $\quad I_r$ $\quad I_c$ $\quad x$

directional Relay.

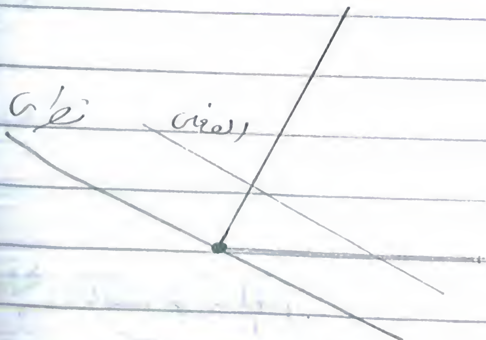
distance هنا هو بيشتغل ع normally ويسمى بـ directional Relay.

معطى: ϕ قيمة بـ reference تكون constant سواء كانت هذه الـ

(1) Current (or) voltage.

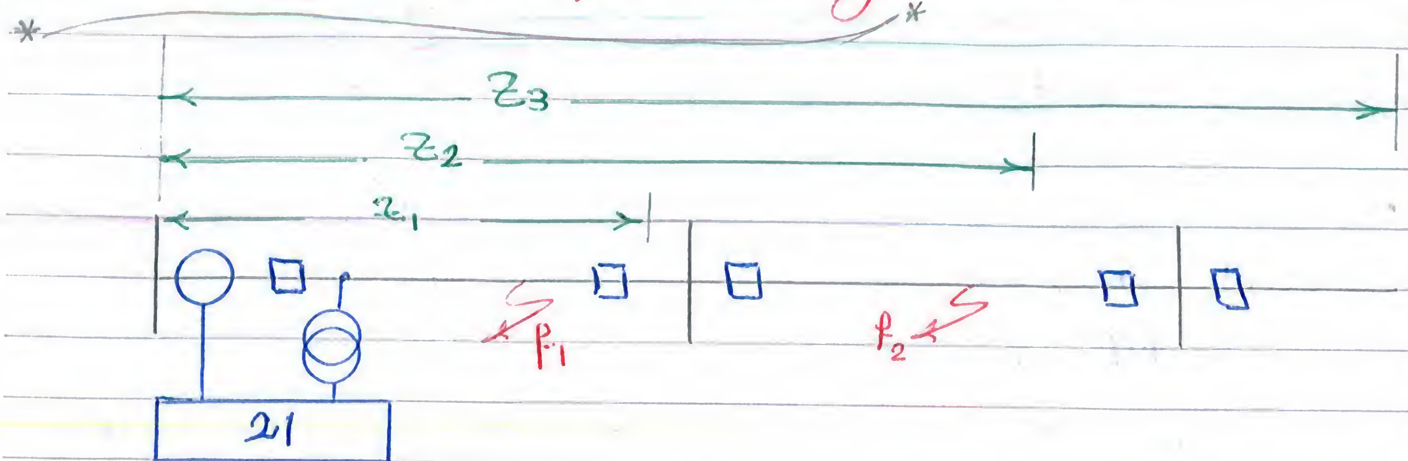
(3) Zero sequence current

(4) Zero sequence voltage.



هذا الخط لا يكون بالصفر (النقطة الأصل) وذلك يكون spring.
الى تقليل وذلك بسبب مقاومة ال

Three zone unit impedance Relay.



⇒ setting for first zone from (80 → 85% of line impedance To overcome due to C.T & P.T Ratio)

∴ This zone is instantaneously element ∴ t_1 = (20 To 100 msec)

⇒ setting for second zone from (120 To 130 % of line impedance, with standard time delay t_2

∴ t_2 = 300 msec To 500 msec

⇒ setting for Third zone From (150 To 180 % of line impedance with standard time delay. t_3

∴ t_3 = 750 msec To 1.5 sec.

Note

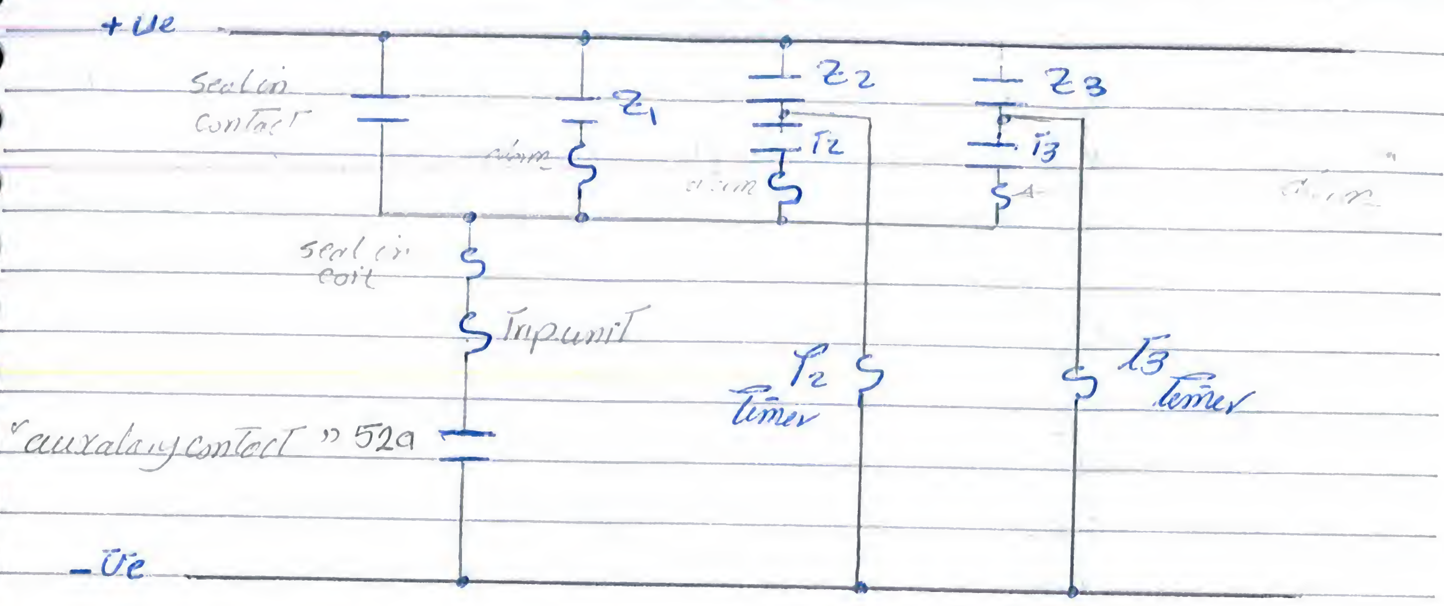
Z_2 Back up for Z_1

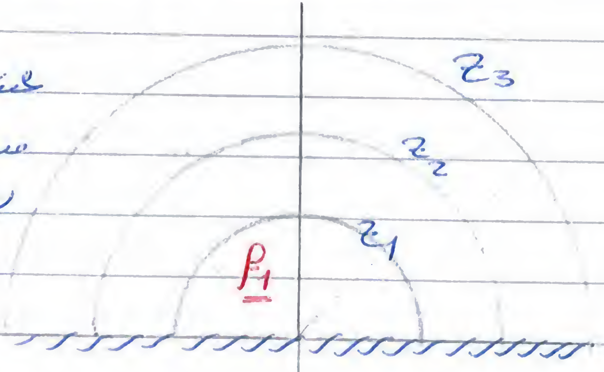
Z_3 Back up for Z_2

- عند حدوث العطل f_1 يشعر به كل من (Z_1 , Z_2 & Z_3) ونعتمد عليه time delay ليتم عمل discrimination

ويتم الآن شرح الدائرة الـ control لل Three zone وتسمى بـ « schematic control circuit »

Control circuit for Three Zone - step Distance Relay





عند حدوث العطل (F1) فإنه في المراحل تراه أي يراه كل من (Z1 و Z2 و Z3) ولكن كل من (Z2 و Z3) لا يمرروا الـ (+ve) إلى الـ (Trip unit) وذلك لأنه لديهم Time delay.

والذي يمرر الـ (+ve) فقط هو (Z1) وذلك لأنه instantaneous ليس له delay ويكون هناك ريلاي يسمى بـ (Seal in Relay) تيار الـ coil تبعه متوصل توالي مع دائرة الـ Trip ولكن الـ contact تبعه متوصل توازي مع contacts كل من (Z1 و Z2 و Z3) ليقوم بعمل By pass على الـ contact لـ (Zones)

وذلك لمنع تفريغ الطاقة المخزنة في ملف الـ Trip والتي تساوي ($W = \frac{1}{2} L I^2$) والتي ممكن أن تلدغ الـ contact أو تسبب له welding (لحام في نفسه)

بعد مرور الزمن (t_1) من العطل في حال أنه يكون (Z_1) أزال العطل وبالتالي رجعنا إلى حالة الاستقرار " (normal condition).

إذا لم يعمل الـ (Z_1) وبعد زمن (t_1) فإن الـ Timer رقم 2 يعطي أمر بغلق الـ contact (t_2) ويزيل العطل وإذا لم يعمل t_2 يقوم (T_3) بالغلق ويتم إزالة العطل

Relay contact Rating => هي مقدرة الـ contact الخاصة بالـ Relay (ملحوظة)
على تحمل التيارات والجهود ويتوقف عليها
سعر الـ contact وبالتالي سعر الريلاي نفسه

من المعروف أنه عند غلق الـ contact للريلاي فيقوم بنقل " +ve signal "
إلى دائرة الـ " Trip coil " أي يحصل لها energizing وبالتالي تكون متصلة
بالـ mechanism للـ C.B .

وحيث أنه دائرة الـ Trip عبارة عن ملفات وبالتالي تكون مخزن فيها طاقة
=> $energy = \frac{1}{2} L I^2$
وبالتالي من المعروف أن الـ Relay contact غير مصمم للفتح على دائرة الـ Trip وتحمل
هذه الطاقة فيحدث لها pitting أي الشرر " تلغيم " فيقوم بحرقه وبعد فترة أدى تشابه
ذلك للتخلص من هذه المشكلة تم استخدام ما يسمى بـ " Seal in Relay "

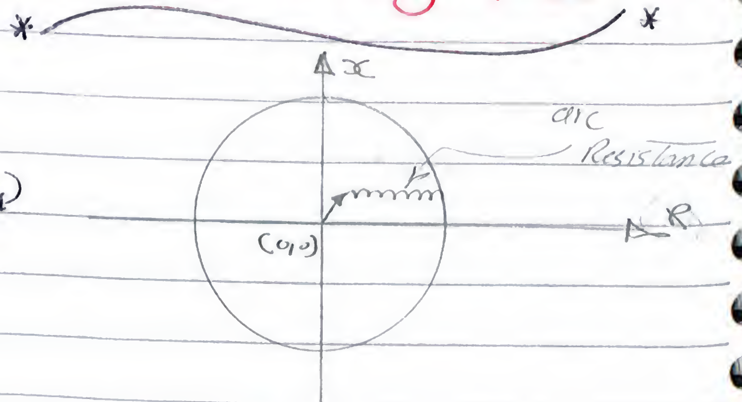
Seal in Relay => هو ريلاي بالملف الخاص به موصل توالي مع دائرة الـ Trip
والـ contact الخاصة به موصل توازي مع Relay contact

(Self and Hold)

" مميزات الـ impedance Relay "

1. Very simple
2. Cover high fault Resistance

" short T.L " ولذلك يستخدم في



" عيوب الـ impedance Relay "

1. This Relay is non Directional Relay so we need Directional element
2. During The system swing The impedance Relay may mail operate
3. Can't be used in long Transmission lines

ملحوظة: إعاقة بالنسبة "measured impedance" نسبة إلى ال c.t & p.t
C_t Refered To secondary side

∴ measured value ∴ $Z_{sec} = \frac{U_{sec}}{I_{sec}}$.

∴ Apperent impedance seen by The Relay ∴ $U_{sec} = \frac{U_P}{n_v}$

where n_v ⟹ P.T Turn Ratio

∴ $I_{sec} = \frac{I_P}{n_c}$ where n_c ⟹ C.T Turn Ratio.

$$Z_{sec} = \frac{U_{sec}}{I_{sec}} = \frac{U_P}{n_v} \cdot \frac{n_c}{I_P} = \frac{U_P}{I_P} \cdot \frac{n_c}{n_v}$$

∴ $Z_{secondary} = Z_{primary} * \frac{n_c}{n_v}$ → Distance relay impedance conversion Factor.

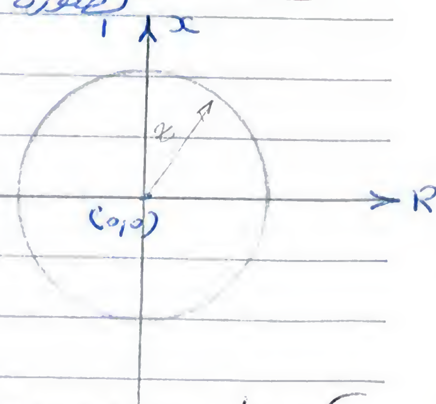
The modified impedance type distance Relay. "offset" على أساس

ملحوظة: معادلة الدائرة نصف قطرها Z ومركزها نقطة الأصل تكون معادلة هذه بالصورة
$(x^2 + y^2 = Z^2)$

where.

$$radius = \sqrt{Z^2} = Z$$

Center
↳ $x^2 = 0 \Rightarrow x = 0$
$y^2 = 0 \Rightarrow y = 0$ > Center (0,0)



∴ $(x-5)^2 + y^2 = Z^2$ لكن إذا أخذت إلى معادلة هذه الصورة

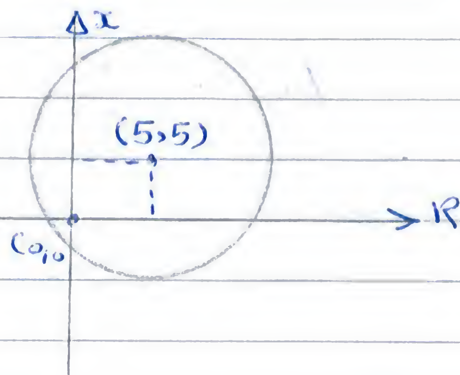
Center ⟹ $(x-5)^2 = 0 \Rightarrow x = 5$
$R^2 = y^2 = 0 \Rightarrow y = 0$ > Center (0,5) radius = Z.

قيمة ازاحة الدائرة على محور x بمقدار (x=5) منحنى الدائرة كما بالشكل

x, (0,5), (0,0), R

⇐ لو معادلة الدائرة على الصورة الآتية $(x-5)^2 + (R-5)^2 = Z^2$

↳ Center ∴ $x-5=0 \Rightarrow x=5$, $R-5=0 \Rightarrow R=5$ → Center (5,5)



وتكون نصف القطر ثابت بمقدار (Z)
وبالتالي نستنتج أنه ممكن تكون الإزاحة على محور R فقط أو x فقط أو الإثنين معاً وممكن تكون الإزاحة على خط max-Torque line (أو بزاوية).

⇐ بنكر فيه الـ (offset) كنسبة مئوية من Zline ولنأخذ على سبيل المثال

$Z_{line} = 20\angle 75^\circ$ & offset = 5% of line impedance

ومن المعروف أيضاً أن فيه الـ offset تكون لآخر منطقة فقط وليس الـ (last zone)

Example.

A 21 distance Relay is used as protection device For Transmission line, The Transmission line impedance is $Z_L = 6 + j20\ \Omega$ Draw The Relay characteristics considration For ① impedance Relay - offset by "15% of line impedance"

Sol.

∴ $Z_L = 6 + j20\ \Omega$ ∴ $Z_1 = .8(6+j20) = 4.8 + j16$

(80%) ← $Z_1 = 16.7\angle 73.3$

∴ $Z_2 = 130\% = 1.3(6+j20) = 7.8 + j26 = 27.2\angle 73.3$

$Z_3 = 200\% = 2(6+j20) = 12 + j40 = 41.76\angle 73.3^\circ$

Take τ ⇒ angle of max Torque line , angle of (Z)

∴ $Z = 20.8 \angle 73.3^\circ$

∴ $\tau = 73.3^\circ$

∴ Take scale ($5\Omega \to 1$ cm)

∴ $Z_1 = \frac{16.7}{5} = 3.4$ cm

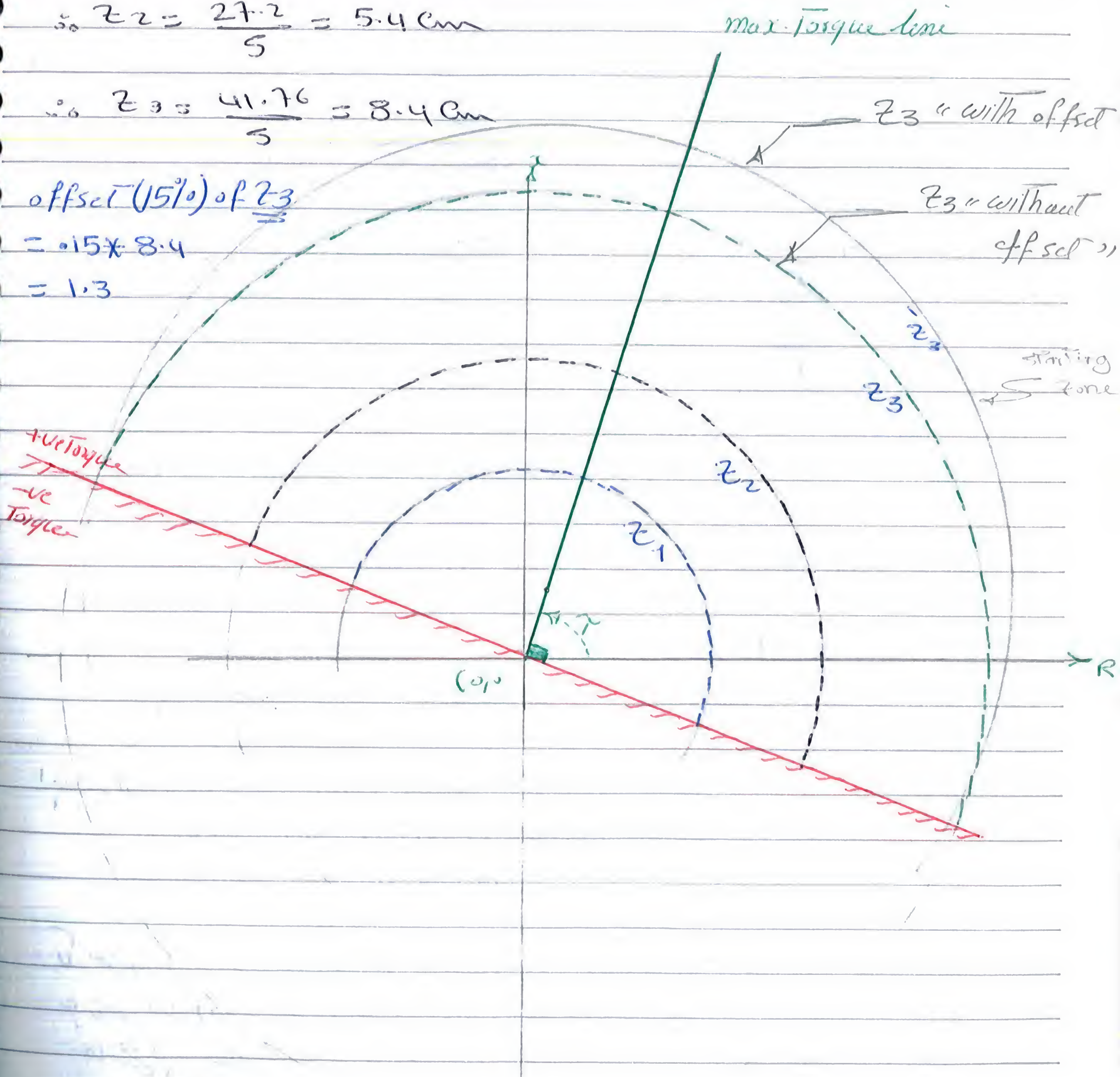
∴ $Z_2 = \frac{27.2}{5} = 5.4$ cm

∴ $Z_3 = \frac{41.76}{5} = 8.4$ cm

offset (15%) of Z_3

$= .15 * 8.4$

$= 1.3$

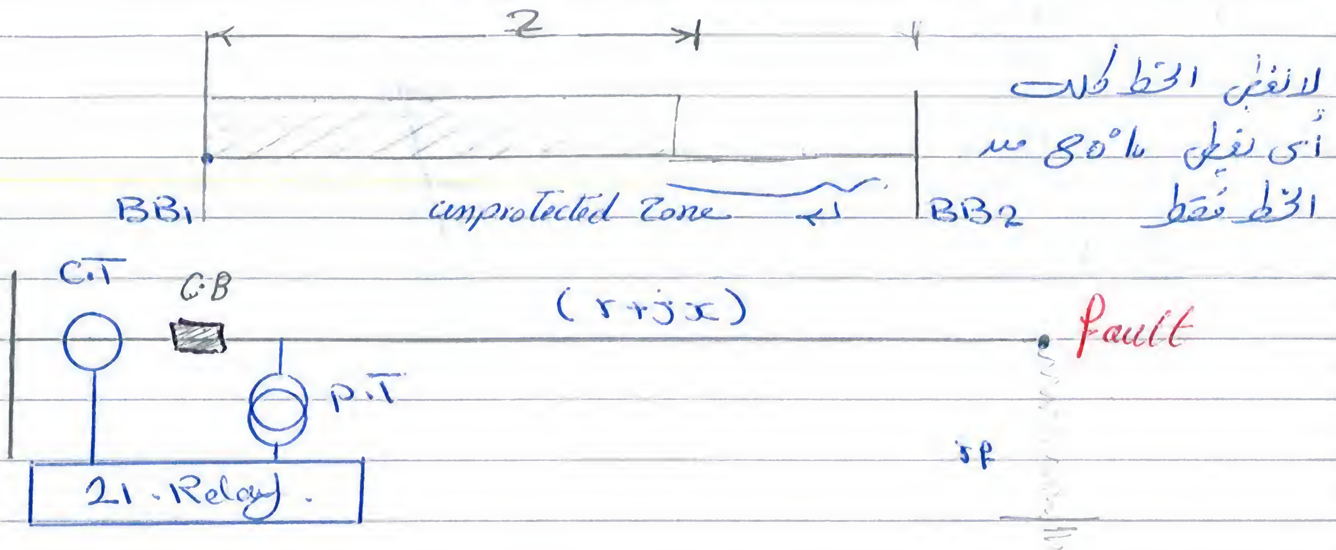


نطلع على خط max. Torque line بمقدار 1.3 سم ، بنفس قطر Z3 ونرسم الدائرة كديه

• What do you mean by under reach & over reach ?

كلمة Reach تعني الـ setting لـ Zone (Z)

under reach ⟹ Relay measure impedance of fault inside The Zone out side The Zone.



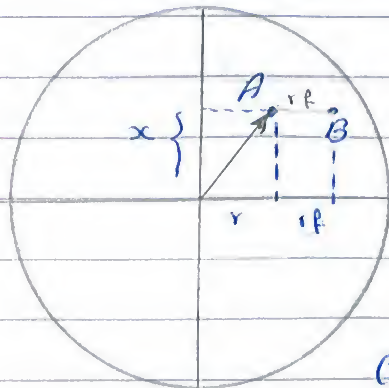
لا تغطي الخط كله
أي تغطي ما 80% من الخط فقط

عند حدوث الـ fault يتم إضافة مقاومة الخط وهذا المقاومة هي المقاومة من مقاومة الـ arc

$r_f = \frac{\rho l}{A}$

impedance seen by The relay $= r + jx + r_f$
$= (r + r_f) + jx$

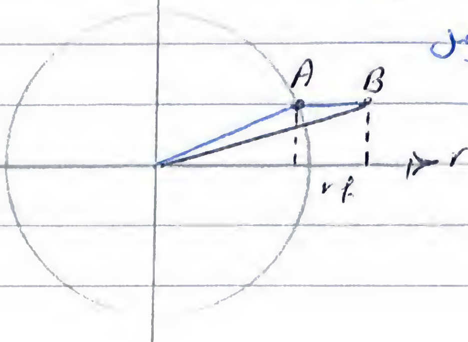
وهذه المقاومة قد تعمل على تغيير نقطة التشغيل للريلاي وبالتالي تجعل الريلاي mail operate



النقطة الفعلية
A → actual point
B → point of fault after adding The arc resistance

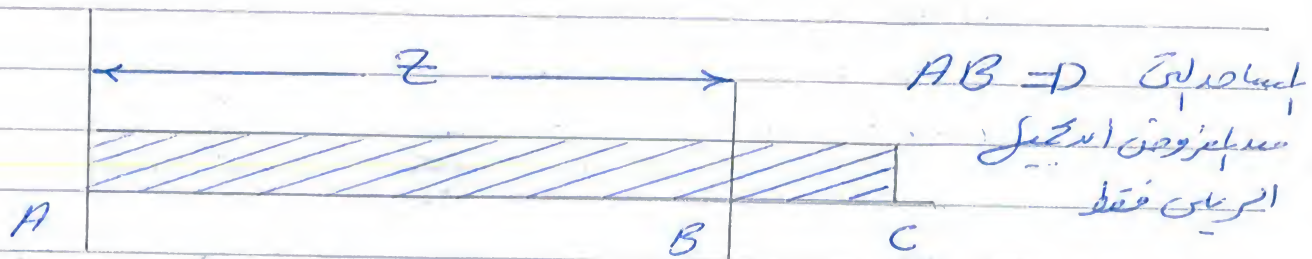
ويمكن توضيح أن النقطة الفعلية للـ fault عند locus الـ cks كانت بعد إضافة مقاومة الـ arc أصبحت نقطة التشغيل خارج الـ Zone للريلاي وبالتالي الريلاي لا يعمل (mail operate)

وهذه الظاهرة تعرف بـ (under reach)



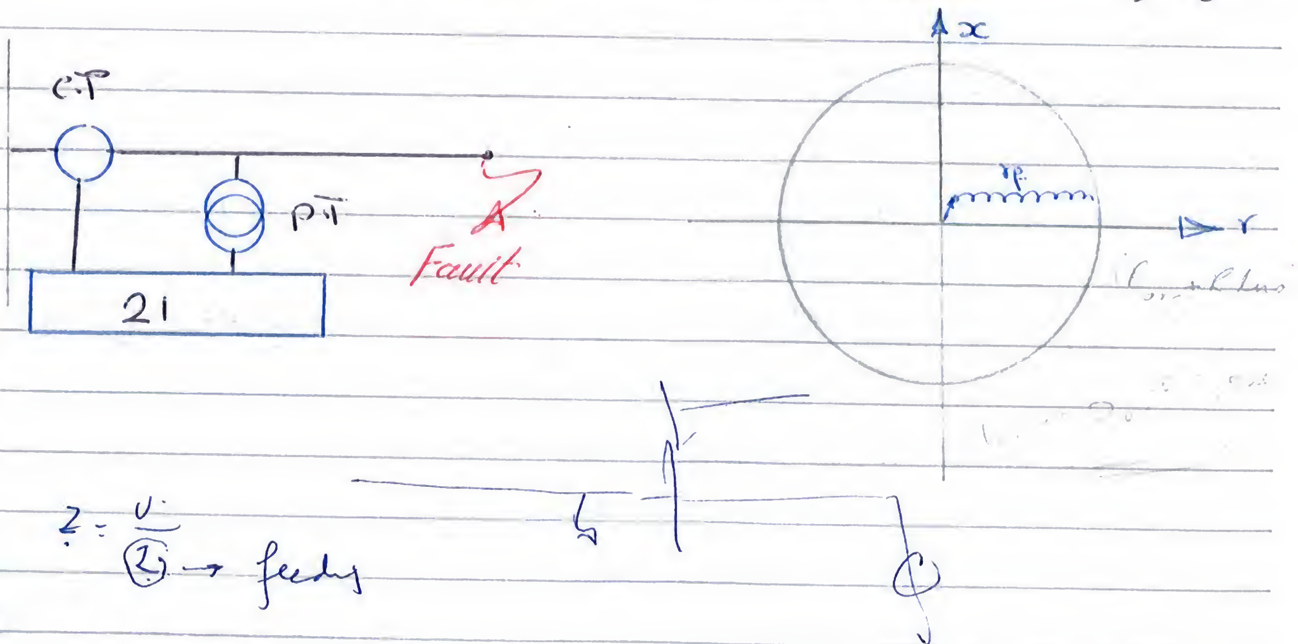
عكس ال (under reach) هو ال (over reach) وهي تعني أن الريلاي يغطي أكثر من (100%) من الخط أي يرى الريلاي ال fault خارج ال Zone وكأنه داخل ال Zone

⇒ Relay measure impedance of fault out side Zone ✓ inside The Zone and become mail operate.



∴ AC ⇒ actual protected Zone المسافة الفعلية التي يحميها الريلاي

ملحوظة: عند حدوث ال fault بالقرب من الريلاي تجد أن المقاومة الفعلية للخط تكون صغيرة (Z <<<) وبالتالي عند النظر ل CKS فإننا نجد مدى كبير للمقاومة لل arc وبالتالي لا يحدث (mail operation for Relay) ولذلك فهو يستخدم في (Short Transmission line)



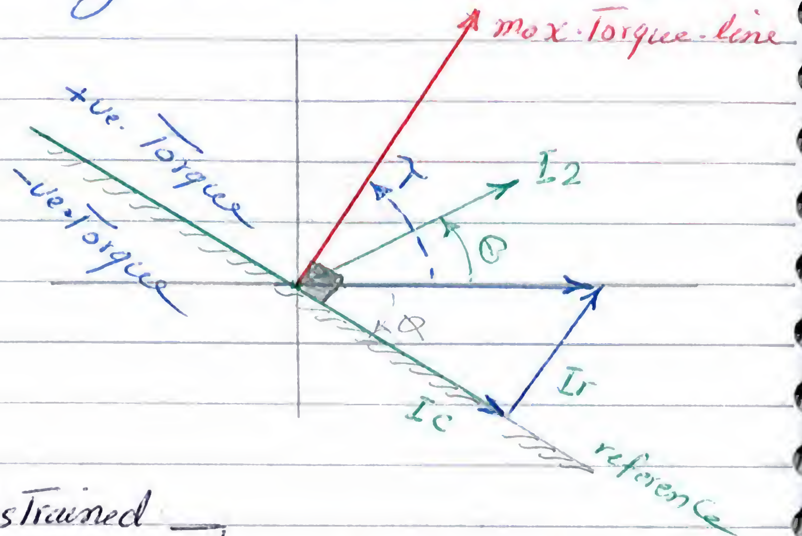
$Z = \frac{V}{I}$ → feeds

ثانياً . The Reactance Type distance Relay *

Difination ⟹ iT's Relay which measure Reactance from Relay location To fault location.

(or)
→ iT's over current Relay with Directional element Restrained.

∴ $T = K I V \cos(\theta - \tau)$



∴ $T \Rightarrow T_{max}$
at $(\theta - \tau = 0)$

⟹ The Directional element Restrained → is arranged develop max negative Torque when it current lag it voltage By $(90)^\circ$

Directional Restrained ⟹ ∴ $T = K I V \cos(\theta - \tau)$
max. Torque ⟹ at $\cos(\theta - \tau) = 1$
at $(\theta = \tau = 90)$ → $T \Rightarrow T_{max}$. (-ve)

وكما ذكرنا بأعلى الصفحة انه مصمم ليعطي أقصى عزم بالسالب عند $(\tau = 90)$

∴ $T = K_2 I V \cos(\theta - 90)$

∴ $T = K_2 I V \sin\theta$ → value of restrained Torque.
θ ⟹ angle between $(I \,\&\, V)$

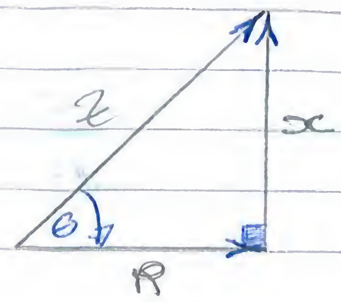
∴ Total Torque $= K_1 I^2 - K_2 I V \sin\theta - K_3$ → spring
$(T = 0)$ عند الاتزان عندنا تعويم العكس على وسيلة الحركة

∴ $K_1 I^{2} = K_2 I V \sin\theta$

$\therefore K_1 . I = K_2 \, V \sin\theta$

$\therefore \dfrac{K_1}{K_2} = \dfrac{V}{I} \sin\theta$

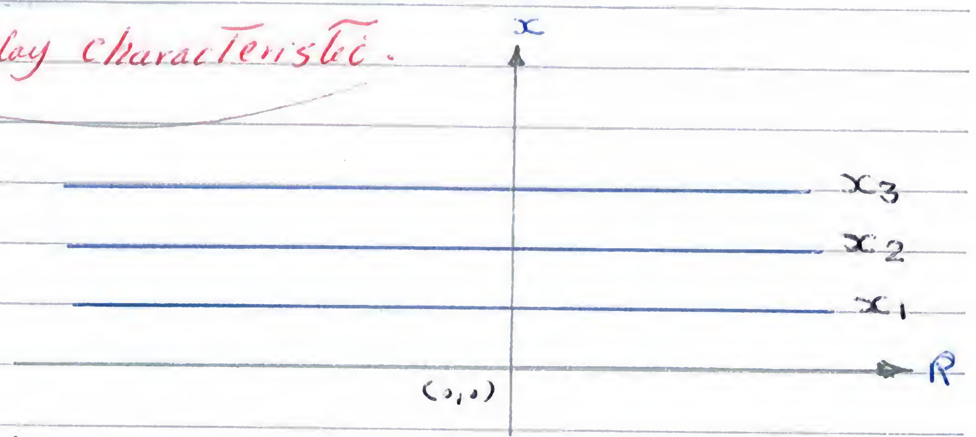
$\therefore \dfrac{K_1}{K_2} = Z \sin\theta$



$\therefore \sin\theta = \dfrac{x}{Z} \Rightarrow x = Z \sin\theta$

General eKs equation for Reactance Relay. $\therefore x = \dfrac{x_1}{K_2} \Rightarrow x \leq \dfrac{x_1}{K_2}$

∴ Reactance Relay characteristic.

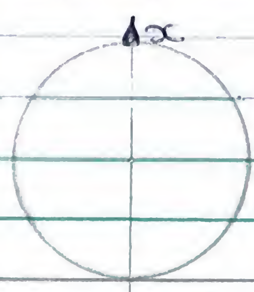


من عيزات هذا الريلاي أنه يتغلب على under reach الناتج عن وجود arc resistance
أي أن مقاومة الـ arc ليس لها تأثير على الريلاي .

من عيوبه

أنه يعمل لأي قيمة x في أي اتجاه أي هو non Directional Relay
لذلك فهو يحتاج إلى Directional element فهو لا يرصد المشكلة
ربع الصورة فدائماً نستخدم معه Mho Directional element .
* ومن عيوبه أيضاً أنه يعمل عند الأحمال الكبيرة عند unity power factor
ويغطي ربع الصورة .

operating eKs of Reactance type distance Relay.



خلاصة الكلام

Distance Reactance Relay ← تتكون من .

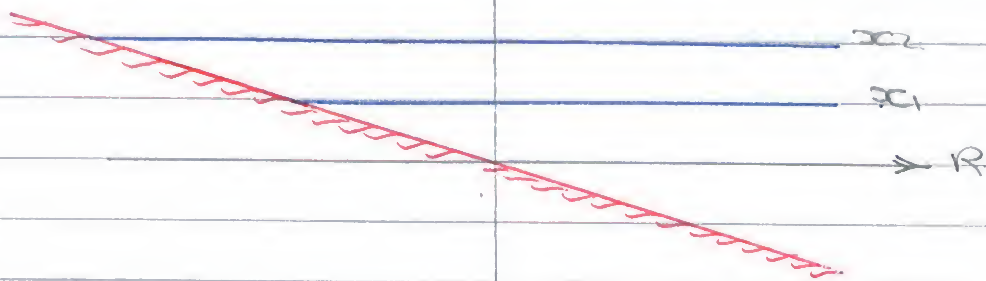
① over Current with Directional restrained

② Mho Directional element.

Directional element

خط مستقيم normal Directional element	Mho. Directional "دائرة" element. "special Directional Relay"

لو استخدمنا الـ normal Directional تجاه الحمل ما زال يعمل عند unity p.f



∴ معادلة الـ Directional هي

∴ $T = K_2 I V \cos(\theta - \tau) - K_3$ → spring

- if we neglect K_3 or spring it become "normal Directional element" خط مستقيم
- ∴ if we don't neglect K_3 spring it become "special Directional element" دائرة

∴ $T = K_2 I \cdot V \cos(\theta - \tau) - K_3$

عند الاتزان $T = 0$

∴ $K_3 = K_2 I V \cos(\theta - \tau)$ ⇒ $I = \frac{V}{Z}$

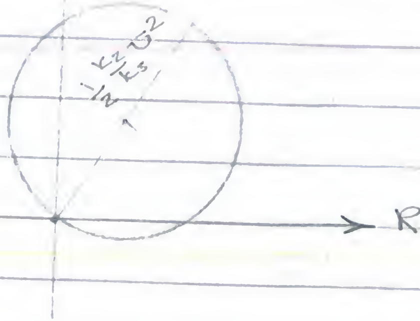
∴ $K_3 = K_2 \cdot \frac{V}{Z} \cdot V \cos(\theta - \tau) = K_2 \frac{V^2}{Z} \cos(\theta - \tau)$

∴ $Z = \frac{K_2}{K_3} V^2 \cos(\theta - \tau)$ ⇒ circle equation

∴ $\frac{Z}{2} = \frac{1}{2} \frac{K_2}{K_3} V^2$ ← نصف قطرها هو

$\therefore Z = \frac{K_2}{K_3} V^2 \cos(\theta - \tau)$ ⟹

Radius ⟹ $\frac{Z}{2} = \frac{1}{2} \frac{K_2}{K_3} V^2$ → Directional تستخدم ك
تتوقف على مكان الجهد عند
" Fault location "



Mho Distance Relay.

ثالثاً :

"Starting unit" أو "admittance unit" أحياناً يسمى

Difination :⟹ it's a directional elements , with voltage Restrained Relay.

∴ operating quantity ⟹ $\tau = K_1 I V \cos(\theta - \tau)$ " +ve "

∴ Restraining quantity ⟹ $\tau = K_2 V^2 + K_3$ " −ve "

Total Torque = $K_1 V I \cos(\theta - \tau) - K_2 V^2 - K_3$ ⟹ Spring بإهمال

. at Balance when the movable element just to move to close it's contacts , " τ = zero "

$\therefore K_1 V I \cos(\theta - \tau) = K_2 . V^2$

$\therefore \frac{V}{I} = Z = \frac{K_1}{K_2} \cos(\theta - \tau)$ ⟹ locus of circles

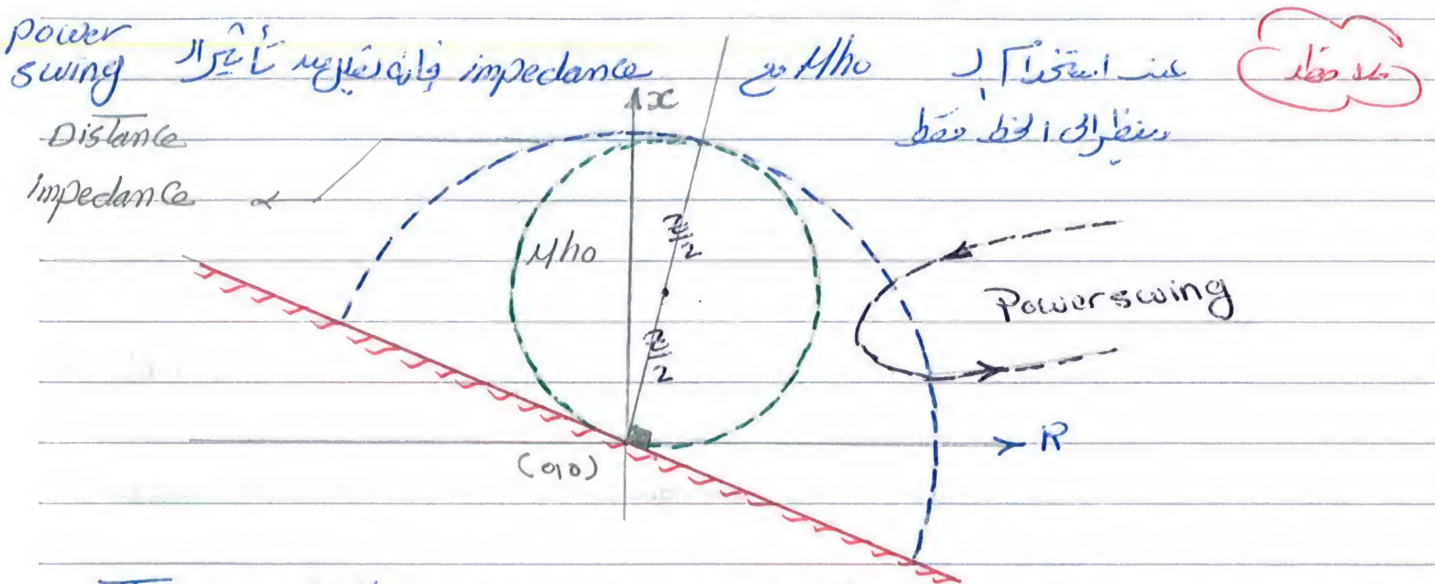
$\frac{K_1}{K_2}$ قطرها ثابت باعتبار

- What's The difference between "impedance Distance" & Mho Distance ?

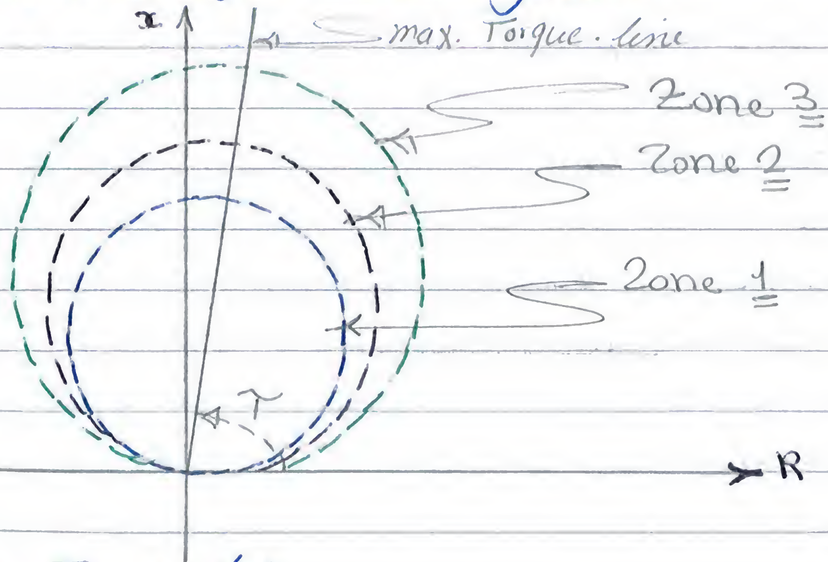
. يعني ب impedance يكون بالقطر " 2Z " أي ضعف القطر Z
" " Mho " " " "Z" " " " " $\frac{Z}{2}$

⇒ Mho Relay Can be used in additional To Directional element is last Zone or starting Zone "

power swing تأثير يقل فانه impedance مع Mho عند استخدام ب ينظر الى الخط فقط (ملاحظة)



The Relay (Mho) can be designed for any Zone.



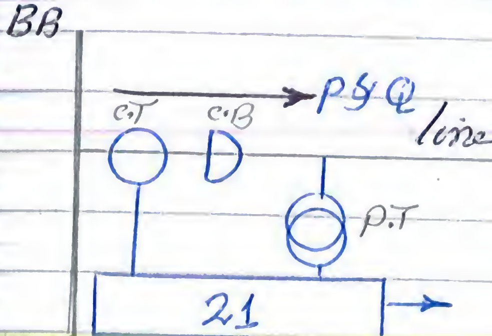
τ ⇒ angle of max. Torque line

⇐ دائماً ب offset لل Mho تكون لآخر Zone فقط وهي starting zone

Apperent Impedance seen by The Relay during normal and abnormal condition :

بالمقصود هذا الفنوان هو معرفة ال Zapp في حالة
ال normal وكذلك في حالة abnormal حيث تقع Zapp في حالة ال abno.
في داخل ال characteristic

BB



* ال " P " Active power تكون موجبة
عندما تكون ال power خارجة من ال BusBar
متجهة نحو الخط line " P is " +ve " "

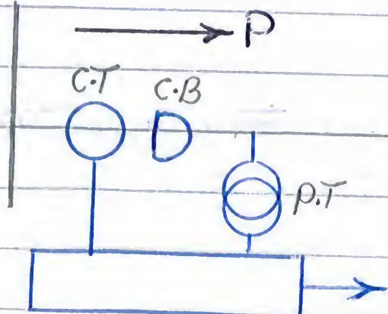
∴ Active power "P" is (+ve) when it flow from Busbar into line.

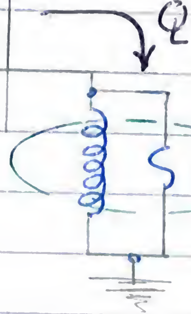
∴ Active power "P" is (-ve) when it Flow From line into Bus Bar.

أما بالنسبة لل (Q) Reactive power

∴ Reactive power (Q) is (-ve) when it flows from BusBar To line, when the load is " inductive load "

∴ Reactive power (Q) is (+ve) when it flow from line To Busbar when load is " Capacitive load "



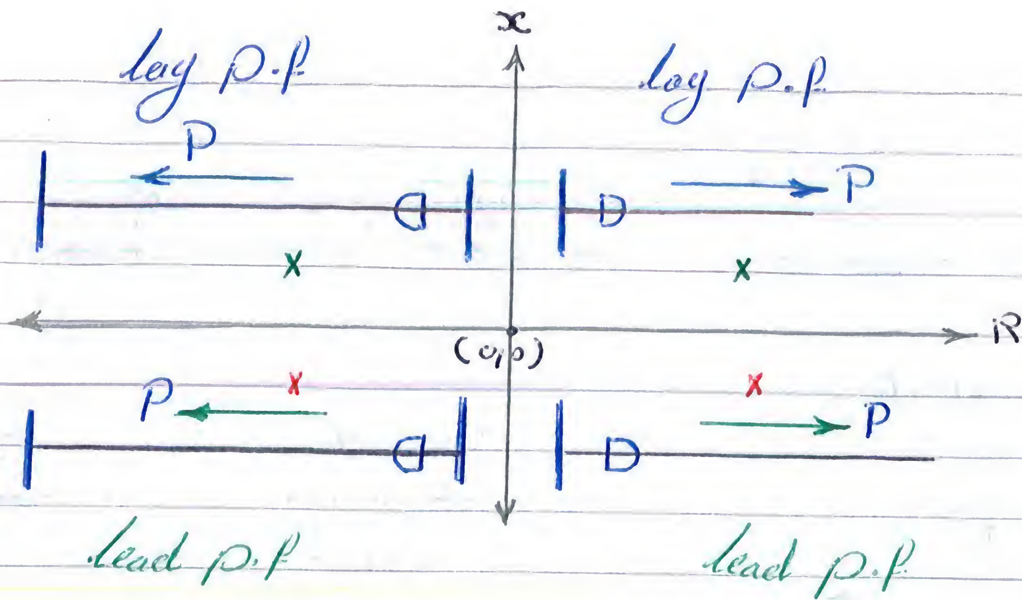


ملاحظة: أي حمل لقدرة تفاعلية خارجة من ال Bus داخلة للخط " line " والحمل به " inductive " فإن الريلاي ليشوفها هذا الحمل في الربع الأول وتعتبر أخطر حالة من حالات الأحمال.

" inductive load " للأسف جميع أحمالنا

$$\therefore Z_L = R_L + jX_L$$

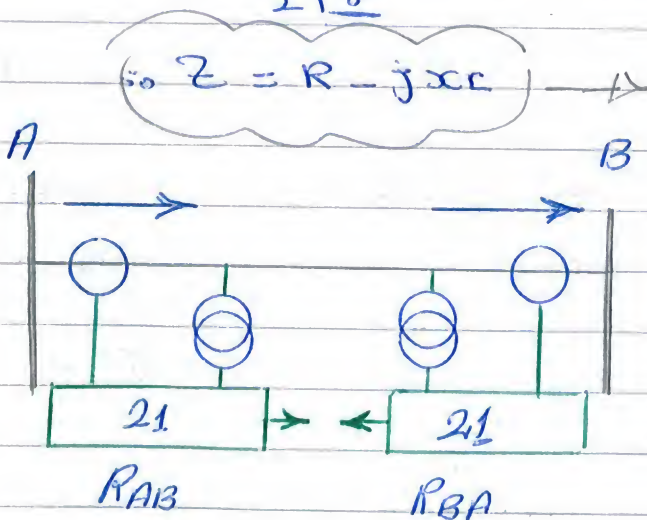
كل ما الحمل يزيد ال Zapp التي يراها الريلاي سوف تقل
لأن لو الحمل هيتغير فالتيار المسحوب هيتغير



∴ الحالة الثانية لو التيار متقدم على الجهد .. أي الحمل سعوي "

$$\therefore Z = \frac{V \angle -\theta}{I \angle 0} = \frac{V\cos\theta - jV\sin\theta}{I}$$

$$\therefore Z = R - jx_c$$ → تقع في الربع الرابع



نفرض ان الحمل حثي "inductive"
فإن الريلاي RAB هيشوف الحمل في الربع
الأول أما الشيك لل RBA هيشوفه
في الربع الثاني

في حالة حدوث ما يسمى بال swing
هيشتغل ال Timer ويسمى
ب Timer swing . وهيشغل أيضاً ال Timer الخاص ب Z_3 فقط.

أي يعمل Block لل (Z_2 & Z_1)

. symmetrical Fault analysis. (3φ Fault)

↳ Fault Calculation for chosing current capacity for circuit Breaker.

(max interruption current) CB حساب تيار القطع لل

Befor proceeding with Fault calculation. we shall state our basic assumptions. بعض الفروض

① The voltage at The Fault point is zero

② All 3φ circuit are balanced and can be represented as single phase system ($V = V_{ph}$ & $I = I_{line}$)

③ The return path in single phase equivalent circuit has zero impedance.

④ Generators are represented as an ideal voltage source with series impedance (~)—x_d—o

⑤ Transformer are represented as a series impedance & shunt Reactors are neglected → o—X_T—o

⑥ Transmission lines and feeders are represented by a series impedance o—$X_{T.L}$—o

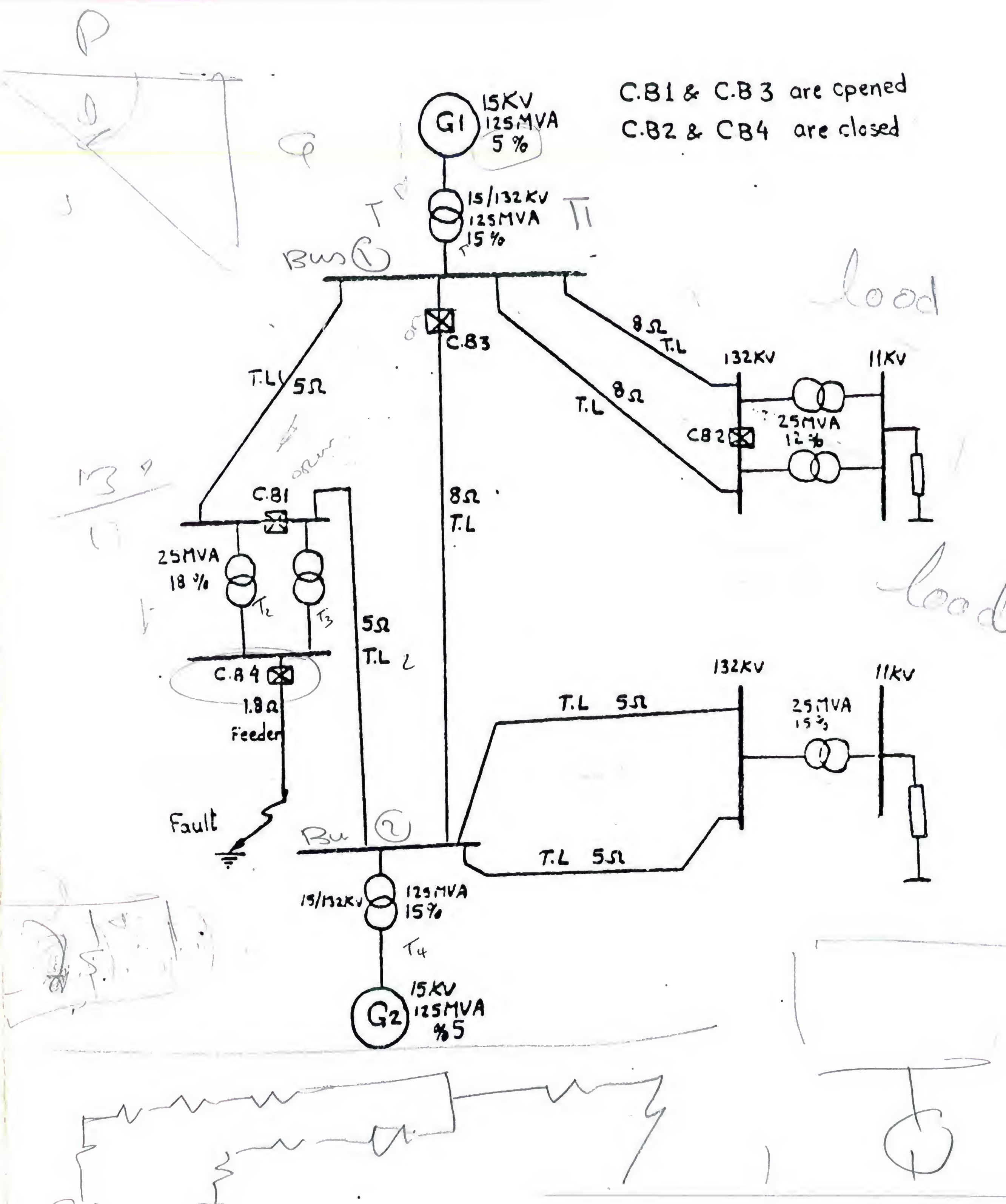
⑦ Bus and switch gear impedance are neglected

⑧ system symmetrical Fault data is available expressed as Fault current or (MVA)

For Generator ⟹ $Z_g = \frac{kV^2}{MVA} * Z_g\%$

$$Z_g = \frac{V_{gph}}{I_{sc}}$$

1- For the single line diagram shown, calculate the capacity of the C.B.4 which must be connected on the 11 K.V feeder when 3-phase fault to ground occurs at the end of the 11 K.V feeder .



For Transformer —◎— $\Rightarrow$ $Z_{Tr} = \frac{KV_L^2}{MVA} * Z\%$

voltage is primary voltage.

For Transmission line $\Rightarrow$ $Z_{T.L} = \frac{\Omega}{Km} * length_{Km}$

← وبعد ذلك نقوم بنسب هذه المقاومات للمكان العطل reference To Fault point

وهي الحفاظ على ثبات ← (VA = constant)

∴ $VA_1 = VA_2$

الى خط مكان المعده ← عند النظر من مكان آخر للعطل

$V_1 \cdot I_1 = V_2 \cdot I_2$

∴ $\frac{V_1^2}{Z_1} = \frac{V_2^2}{Z_2} \Rightarrow Z_2 = Z_1 \cdot \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^2$

$U_2 \Rightarrow$ voltage at fault point

$U_1 \Rightarrow$ لو كان مولد فيكون هو جهد التوليد

// // محول // // primary

// خط نقل تكون الجهد الذي ينقله

ملاحظة: هذه الطريقة تسمى voltage in (percentage impedance method

- هناك طريقة آخرى تسمى per unit method وكلاهما له نفس النتائج ونفس الغرض

For $G_1 \Rightarrow Z_{g1} = \frac{KV^2}{MVA} * Z\%$ خليتال اب نقه

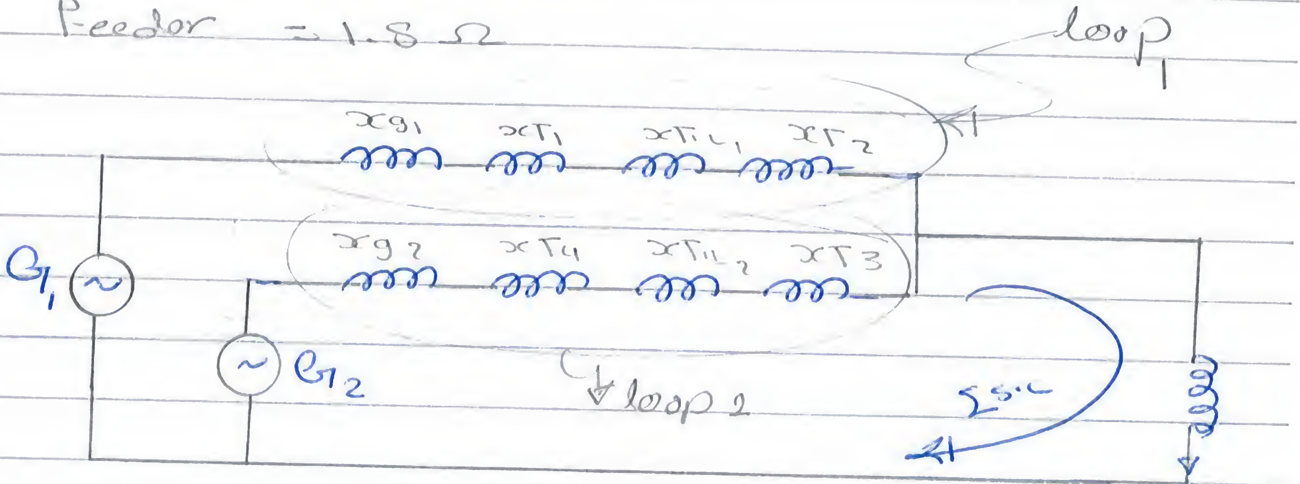
$\Rightarrow Z_{g1} = \frac{15^2}{125} * 5\% = 0.09\,\Omega$

∴ For $Tr_1 \Rightarrow Z_{Tr_1} = \frac{15^2}{125} * \frac{15}{100} = 0.27\,\Omega$

For $T.L_1 \Rightarrow 5\,\Omega$

∴ For $T_2 = \frac{132^2}{25} * \frac{18}{100} = 125.45\,\Omega$

Feeder $= 1.8\,\Omega$



loop 1 impedance = impedance of loop 2

نثبت هذه المعاوقات اي مقابل بعض

∴ $Z'_{g1} = Z_{g1} \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^2$

$= 0.09 * \left(\frac{11}{15} \right)^2 = 0.048\,\Omega$

∴ $x_{Tr_1} = 0.27 * \left(\frac{11}{15} \right)^2 = 0.14\,\Omega$

∴ $x_{T.L} = 5 * \left(\frac{11}{132} \right)^2 = 0.34\,\Omega$

∴ $x_{T2} = 125.4 * \left(\frac{11}{132} \right)^2 = 0.87\,\Omega$

$x_{loop1} = 1.097\,\Omega$

$loop_1 // loop_2$ =

$$\therefore I_{s.c} = \frac{11000/\sqrt{3}}{0.5485 + 1.8} = 2.7kA$$

Three phase distance Relay (21)

on Three phase power system There are 10 type of possible Faults.

① symmetrical Faults

② un symmetrical Faults

① symmetrical fault. ⇒ mean 3ϕ Faults.
② un symmetrical Faults ⇒ ③ phase To phase Faults +
③ phase To Ground Faults +
③ Double line To Groun Faults.

ملاحظة: ال Distance Relay لوحيد خ الحياه العمليه على نوعين

① Ground Earth Fault (Relay) unit
(A-G & B-G & C-G) مسئول عن ثلاث اعطال فقط

② phase Relay unit مسئول عن باقي الاعطال

والتطورت ال Digital Relay مثل SMicom و Razoa وإزى بيتعامل
الإعطال التي عمكن أن تحدث في الشبكه (10 faults) وتكون مدمج فيه
⇒ Two unit

كيف يتم حساب Zapp في الشبكه لل 21

أولاً :- يتم عمل حالات (simulation) للشبكه كلها (Radial system)
ويتم وضع Fault أو يتم تسميته بأي نوع من أنواع ال Fault
ومن خلال هذا ال Fault يتم رسم كل من

+ve sequence ← 1
-ve sequence ← 2
zero sequence ← 3

∴ powersystem → Balanced Condition
→ unBalanced condition

Balanced operation → عندما تعمل جميع الـ G (synchronous machine) تزامنياً مع بعضها البعض تكون الأحمال موزعة بالتساوي على (3Φ)

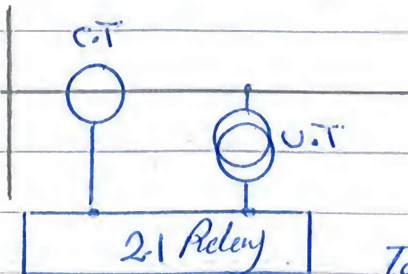
∴ $V_a = |V_a| \angle 0$ & $V_b = |V_a| \angle 120$ & $V_c = |V_a| \angle -120$

unBalanced operation mode → abnormal condition يعني في حالة
أو في حالة Fault condition.

ويحتوي النظام في هذه الحالة على ثلاث مكونات (+ve & -ve & zero)
وبالتالي ما هي الـ impedance التي سوف يقيسها الريلاي هل هي الـ +ve أو الـ -ve أم هي الـ zero .

ملاحظة: الـ Distance Relay تقوم بقياس الـ (+ve) sequence impedance فقط.

⇒ iT's fundamental principle of distance Relay That regardless The type of Fault involved The voltage & current used To energize The appropriate relay are such That (The relay will measure The (+ve sequence impedance only To The Fault)



∴ Zone setting of relays can based upon Total (+ve) sequence impedance of line regardless The type of fault and determine The appropraite voltage and current inputs To be used for the distance relays responsable for each of Thes Fault Types.

symmetrical component

كلامنا بشبكة الكهرباء إما Balanced أو un Balanced في حالة Balanced
لا تقوم بعمل تحليل لحساب الـ s.c ده لسه تقوم بعمل simulation لها أما unBalanced
وتضع عليه أي نوع من أنواع الـ Fault وتقوم بعمل analysis ودي لحساب
s.c current فيما يعرف بـ (short circuit calculation)

ده لسه في عام 1918 تم عمل طريقة تحليل تسمى (analysis by symmetrical component)

→ In 1918 one of the most power full Tools for dealing with un Balanced poly phase circuit was discussed By Dr C.L Fortescue at meeting of American institut of electrical Engeneer (AIEE) entitled.

" Method of symmetrical coordination Applied To the solution of poly phase net work "

⇒ unsymmetrical fault on Transmission system which may consist of short circuit, impedance between lines, impedance between one line To ground or from Two line To Ground or open Conductor are studed By The method of symmetrical component The method is applicable To analysis solution or To Caculating Bord.

⇒ Fortescue work prove That on unBalanced system of n rated phase can be resolved into n system of Balanced phasor called symmetrical component of original phasor.

According To fortescue Theorm, The Three unBalanced phasor of Three phase system Can be resolved into Three phase Balanced system phasor Called " symmetrical component " (الخلاصة)

symmetrical component Transformation

∴ A set of Three phase Balanced Voltage (phasor) : V_a, V_b, V_c is characterized by equal magnitude and inter phase difference of 120°. The set is said to have phase sequence abc (+ve sequence) if V_b lags V_a by 120° and V_c lag V_b by 120°.

∴ $V_a = V_a$ & $V_b = \alpha^2 V_a$ & $V_c = \alpha V_a$

∴ where α → Complex number operator $= e^{j120}$

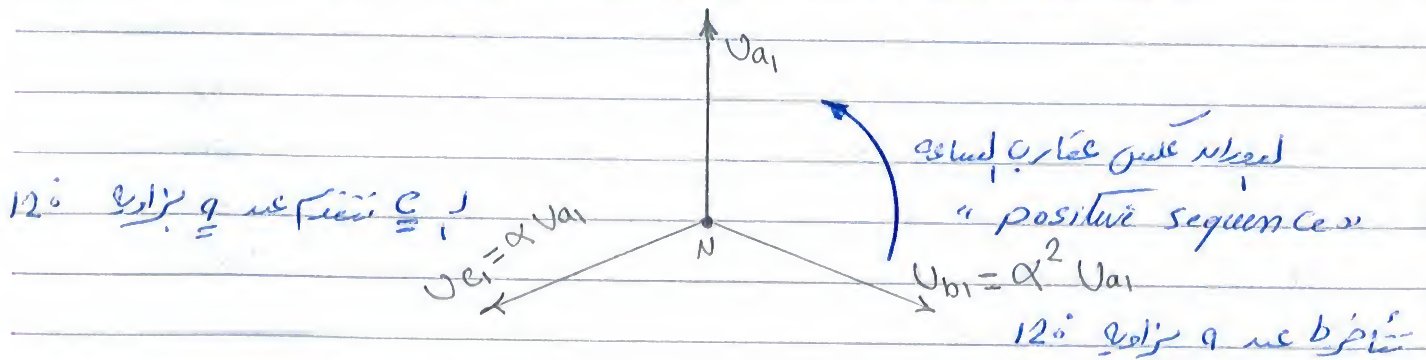
∴ $\alpha^2 = e^{j240} = e^{-j120} = \alpha^*$

∴ $(\alpha^2)^* = \alpha$

∴ $\alpha^3 = 1$

∴ $(1 + \alpha + \alpha^3 = 0)$ تحقيق

∴ V_{a1} , $V_{b1} = \alpha^2 V_{a1}$, $V_{c1} = \alpha V_{a1}$



negative sequence → if The phase sequence is acb

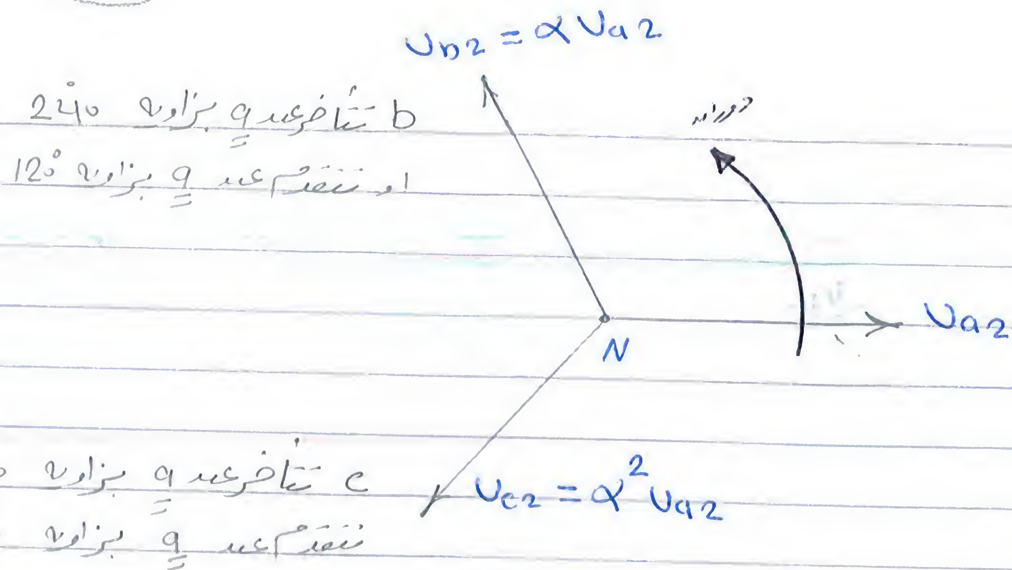
$V_a = V_a$

$V_b = \alpha V_a$ & $V_c = \alpha^2 V_a$

negative sequence phasor written as

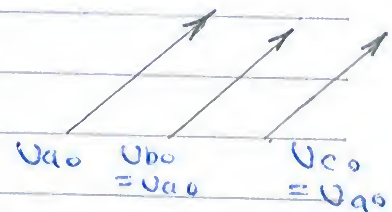
∴

V_{a2} & $V_{b2} = \alpha V_{a2}$ & $V_{c2} = \alpha^2 V_{a2}$



Zero sequence ⇒ A set of three phase equal in magnitude and having the same phase is said to have zero sequence.

V_{a0} , $V_{b0} = V_{a0}$, $V_{c0} = V_{a0}$



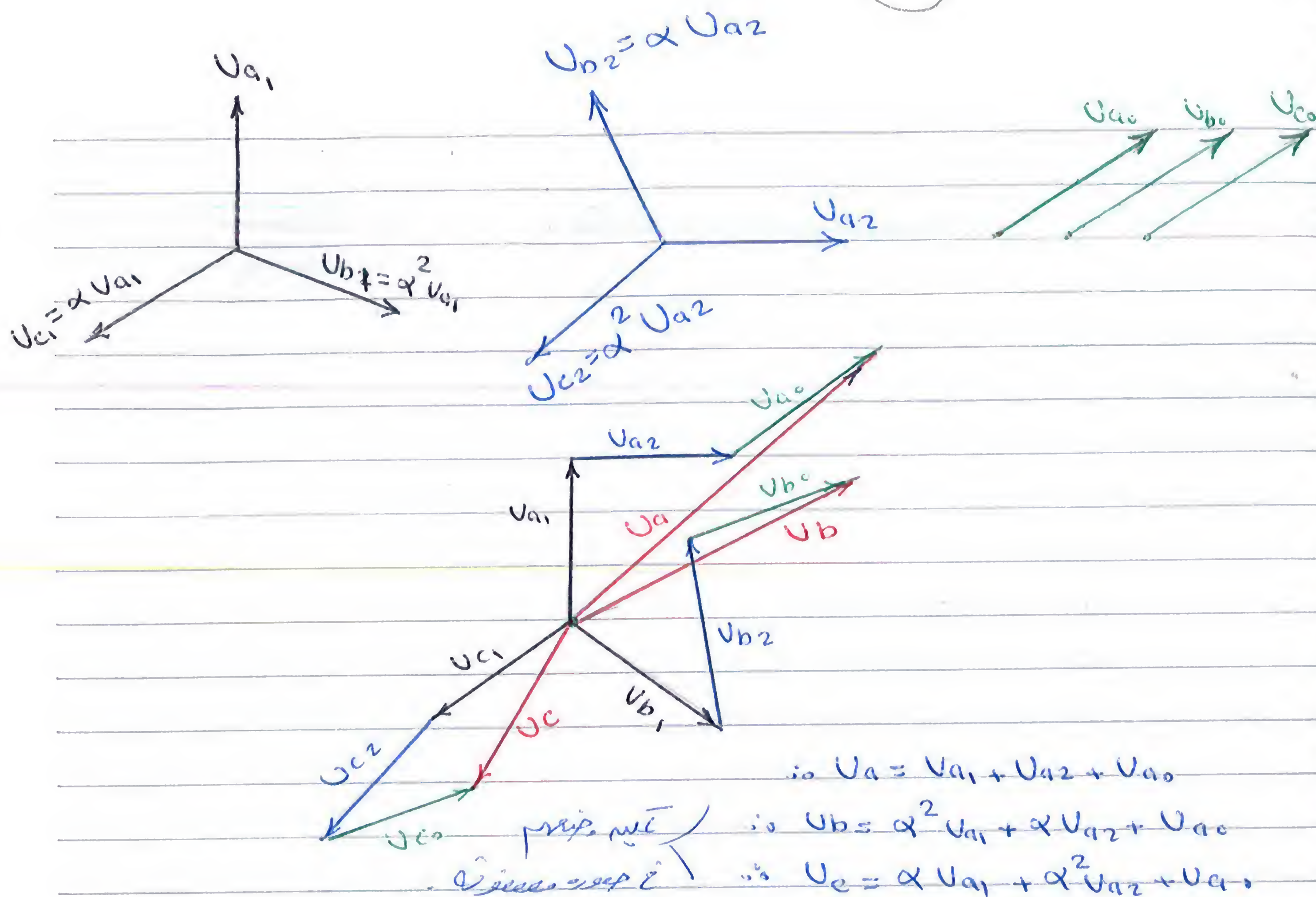
لو تغيّر لدينا نظام unBalanced ، (Va, Vb, Vc) فيمكن تحليلها
Fortescue فإنه تم التعبير عنهم كمجموع من (zero, +ve , -ve) sequence

$V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$

$V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0}$

$V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0}$

ثلاث متجهات (+ve , -ve, zero) ليمثلوا (symmetrical component
→ of the original phasor (Va, Vb, Vc).



$\therefore V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$

$\therefore V_b = \alpha^2 V_{a1} + \alpha V_{a2} + V_{a0}$

$\therefore V_c = \alpha V_{a1} + \alpha^2 V_{a2} + V_{a0}$

تأتي بتعويض
[illegible]

This equation can expressed in The matrix form.

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ \alpha^2 & \alpha & 1 \\ \alpha & \alpha^2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \\ V_{a0} \end{bmatrix}$$

$\therefore V_p = A\, V_s$ → vector of symmetrical components

Vector of origional phosor

$\therefore V_s = A^{-1} V_p$

$$\therefore A^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\therefore \begin{bmatrix} V_{a1} \\ V_{a2} \\ V_{a0} \end{bmatrix} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & \alpha^2 \\ 1 & \alpha^2 & \alpha \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix}$$

$\therefore V_{a1} = \frac{1}{3}(V_a + \alpha V_b + \alpha^2 V_c)$

$\therefore V_{a2} = \frac{1}{3}(V_a + \alpha^2 V_b + \alpha V_c)$

$\therefore V_{a0} = \frac{1}{3}(V_a + V_b + V_c)$

} ما يحدث على الجهد
يحدث على التيار تماماً

$\therefore I_p = A I_s \Rightarrow I_s = A^{-1} I_p$

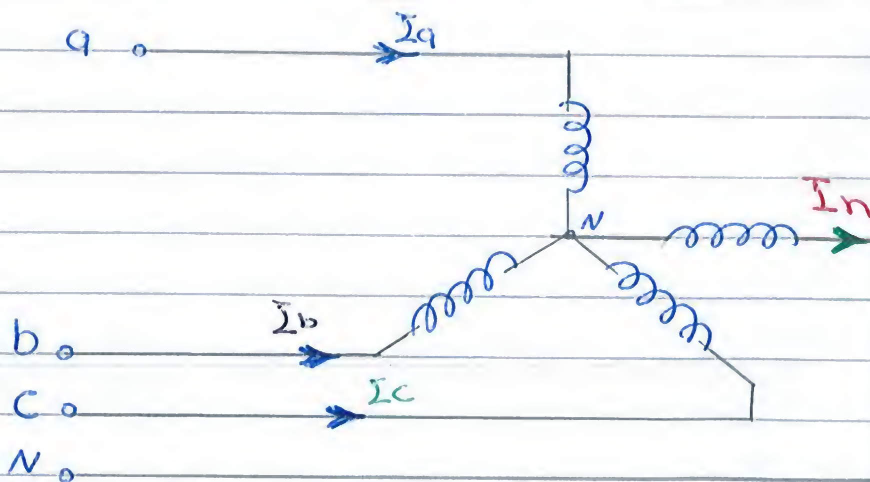
$\therefore I_s = \begin{bmatrix} I_{a1} \\ I_{a2} \\ I_{a0} \end{bmatrix}$ & $I_p = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix}$

$\therefore I_{a1} = \frac{1}{3}(I_a + \alpha I_b + \alpha^2 I_c)$

$\therefore I_{a2} = \frac{1}{3}(I_a + \alpha^2 I_b + \alpha I_c)$

$\therefore I_{a0} = \frac{1}{3}(I_a + I_b + I_c)$

⇒ if we have 3phase system with neutral return.



The sum of 3Φ line voltage will always be zero Therefore The zero sequence component of line voltage is always zero.

$$V_{ab0} = \frac{1}{3}(V_{ab} + V_{bc} + V_{ca}) = \text{zero}$$

⇒ on The other hand, The sum of phase voltage (L-N) may not be zero so that their zero sequence component

V_{ao} maybe exist (موجودة)

$\therefore \; I_a + I_b + I_c = I_n .$

ويتم في غياب نقطة التعادل فإنه

لا يوجد مركبة (zero) ← zero sequence

positive sequence impedance and net work

Since asynchronous machine is designed with symmetrical winding, it has induced emf of positive sequence only " no negative of zero voltage are included in it "

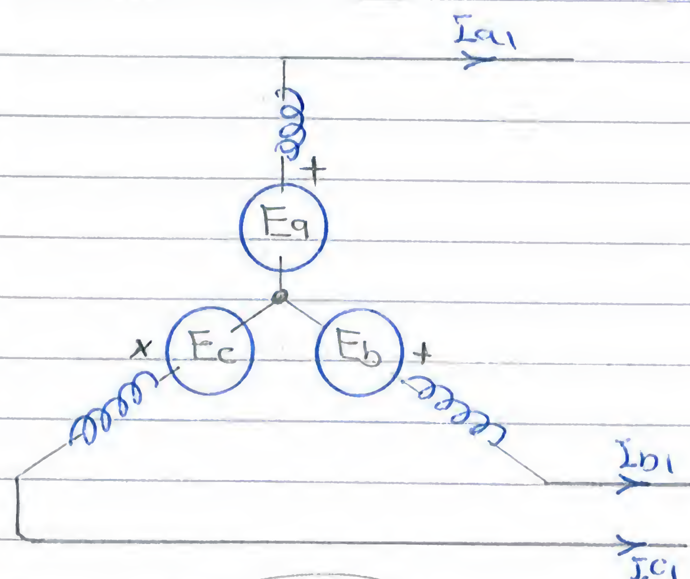
when the machine carries positive sequence current only, this mode of operation is the balanced mode.

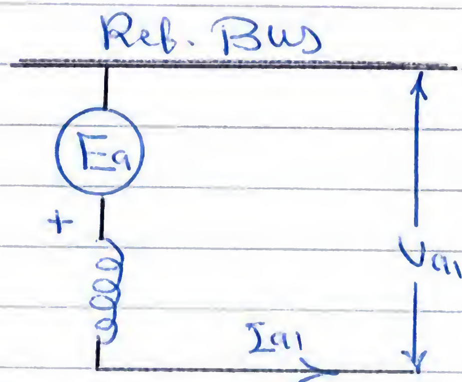
⇒ The machine equivalently offers a direct axis reactance whose value reduce from subtransient reactance (x_d'') to (transient reactance (x_d') to steady state reactance (x_d)

. Armture resistance أهمل

The positive sequence impedance of the machine is

$$Z_1 = jx_d'' \quad (1 \text{ cycle subtransient})$$
$$= jx_d' \quad (3 \text{ to } 4 \text{ cycle transient})$$
$$= jx_d \quad (\text{steady state})$$





⇒ since it's a balanced net work it can be represented by the single phase net work model (shown in the last figure)

$$\therefore V_{a1} = E_a - I_{a1} Z_1$$

negative sequence impedance and net work

(Zero & negative sequence induced voltage) لا " synchronous machine " يقال بالفعل أبدا

دلالة عندما يمر negative sequence current في stator فإنه ينشأ مجال

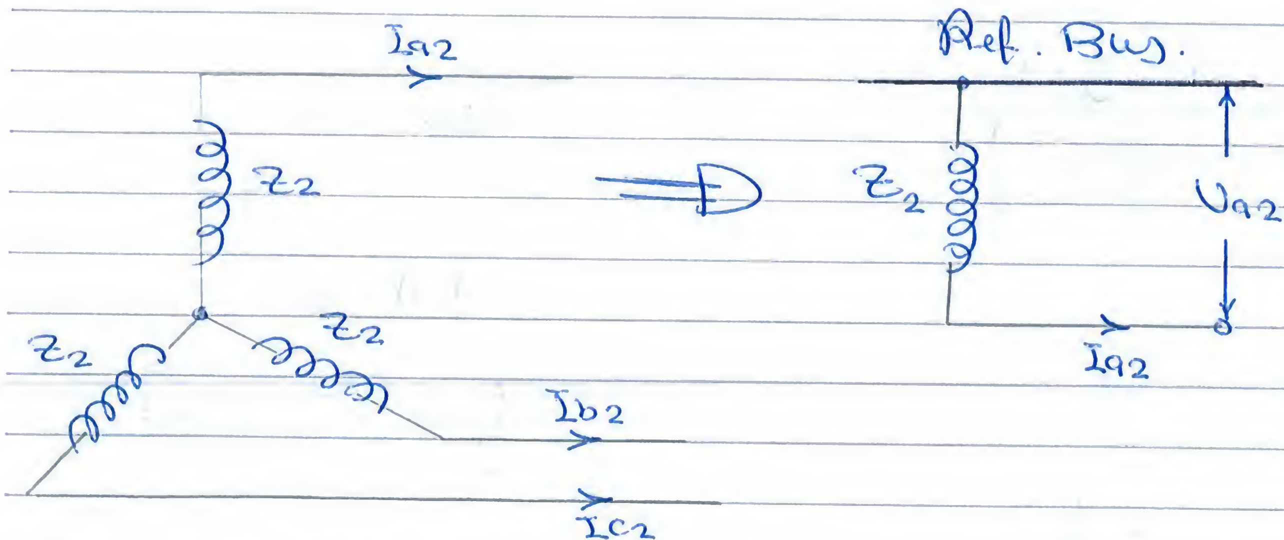
دوار والذي يدور في الاتجاه المضاد للاتجاه الذي يكون فيه positive sequence field

⇒ The negative sequence impedance presented by The machine with considration Given To The damper winding, is often defind as.

$$Z = j\,\frac{x_q'' + x_d''}{2}$$

x_q'' ⇒ Reactance in quadrature axes

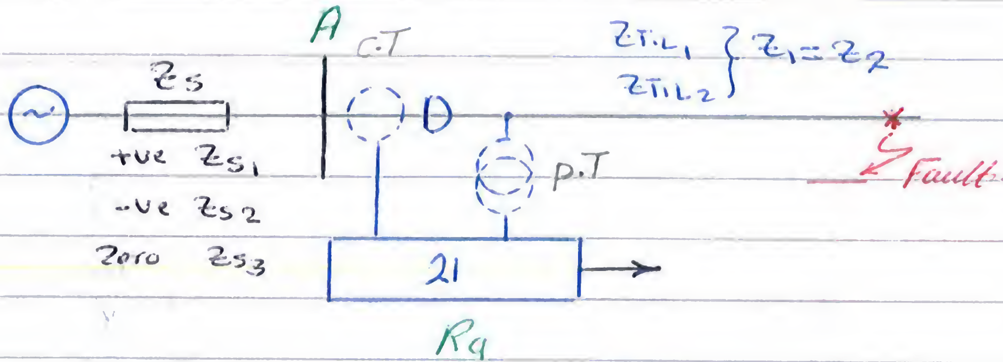
x_d'' ⇒ " " direct axes.



" negative sequence net work of synchronous machines ".

phase To phase Faults such as (A-B & B-C & C-A)
3 Faults. مسئول عنهالك اعطال

بفرض أن لدينا Radial system كالموضح بالشكل



(1) Draw The equivalant circuits.

+ve sequence impedance for The network
-ve " " " " "
zero " " " " "

(2) Select MVA/$_{Base}$ for all system (we considerd The network is free loss). And select The location which KV/$_{Base}$ is applied

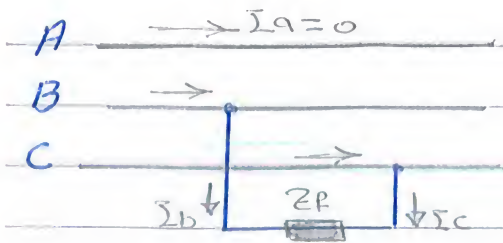
(3) Find out The equivalant per unit impedance of each element.

(4) Draw The +ve, -ve and zero sequence impedance network for The fault point.

أولاً نأخذ reference مشترك مستقلاً تماماً لـ Fault.
- يتم رسم هذه الدوائر سواء كانت +ve أو -ve أو zero للـ Healthy phases

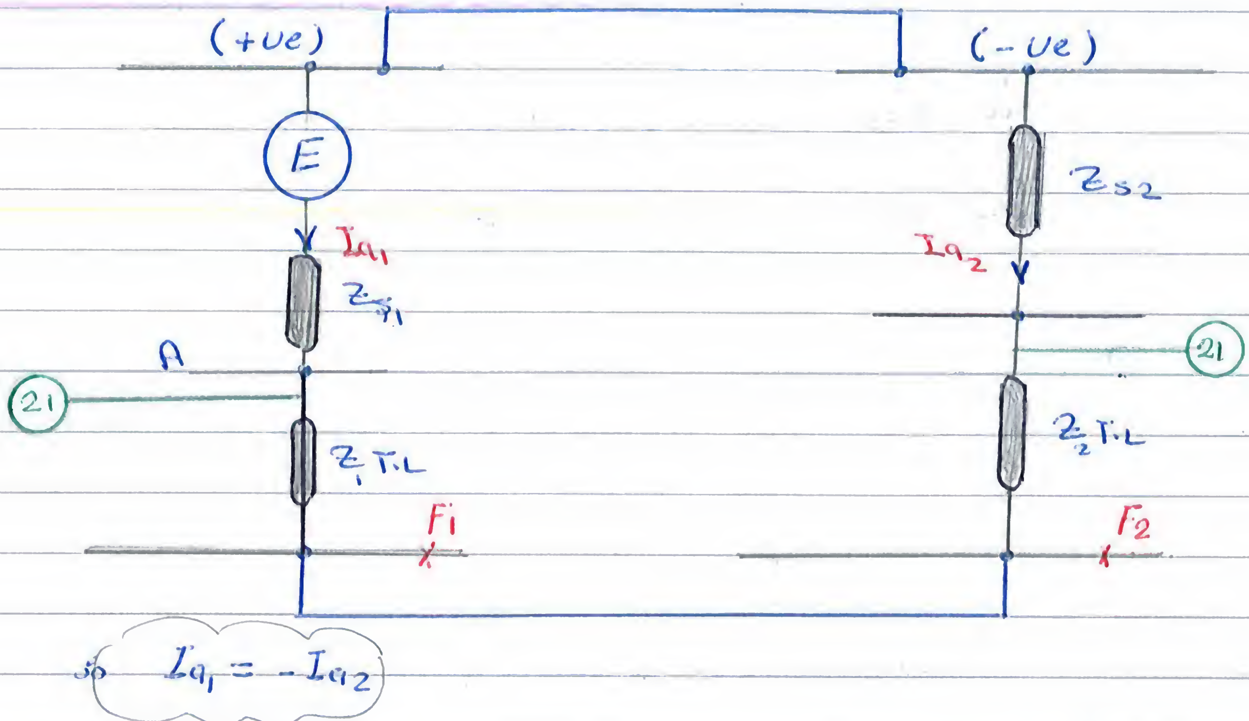
لو نفرض حدث phase To phase fault عند النقطة F ولتكن (B-C) ،
الفازة A ← Healthy phase

ملحوظة: الـ Zero sequence component غير موجودة لأن الـ Fault غير متصل بالأرض
($I_a \simeq$ zero)
($I_B = -I_C$)



نظام phase To Phase fault غ
(+ve & -ve) فقط والأطوار zero لا

$Z_F \rightarrow$ Fault impedance



$$\therefore I_{a_1} = -I_{a_2}$$

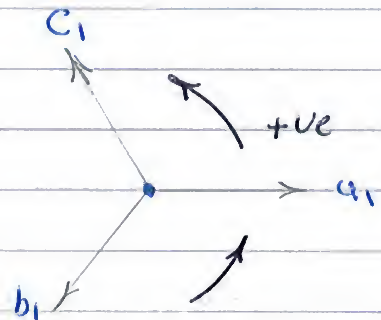
$$\therefore I_{a_1} = \frac{E}{Z_{s_1} + Z_1 T.L + Z_{s_2} + Z_2 . T.L}$$

But fault exist between (B & C)

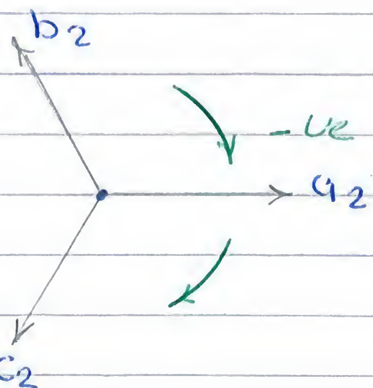
$$\therefore I_{c_1} = \alpha I_{a_1} \quad , \quad I_{b_1} = \alpha^2 I_a$$

(where) $\alpha = e^{j120} = e^{-j240}$

$\alpha^2 = e^{j240} = e^{-j120}$



$$\therefore I_{c_2} = \alpha^2 I_{a_2} \quad , \quad I_{b_2} = \alpha I_{a_2}$$



رسمنا ثم عرفنا التيار الذي يمر في phase b, c
خطه -ve و +ve

$\therefore I_A = I_{a_1} + I_{a_2} = zero$ ⓐ عند الـ Fault علشان عندي

$\therefore I_B = I_{b_1} + I_{b_2} = \alpha^2 I_{a_1} + \alpha I_{a_2}$ where $I_{a_1} = -I_{a_2}$

$\therefore I_B = \alpha^2 I_{a_1} - \alpha I_{a_1} = I_{a_1}(\alpha^2 - \alpha)$

$\therefore I_B = I_{a_1}(\alpha^2 - \alpha) \Rightarrow I_C = I_{a_1}(\alpha - \alpha^2)$

ثم بعد ذلك حساب الجهود V_A, V_B, V_C

∴ Evaluation of The voltage at Relay location.

phase ⓐ

$\therefore V_{1r_a} = V_{f_1} + I_{a_1} \cdot Z_1$ & $V_{r_2} = V_{f_2} + I_{a_2} \cdot Z_2$ phase ⓐ

where $(Z_1 = Z_2)$ & $I_{a_1} = -I_{a_2}$

$\therefore V_R = V_{r_1} + V_{r_2} + V_{r_0}$ ($V_{r_0} = 0$) $= V_{f_1} + I_{a_1} \cdot Z_1 + V_{f_2} + I_{a_2} \cdot Z_2$

$\therefore V_R = V_{f_1} + V_{f_2} + I_{a_1} \cdot Z_1 + I_{a_2} \cdot Z_2$

$\therefore V_{f_1} = V_{f_2}$

$\therefore V_{r_1} - I_{a_1} \cdot Z_1 = V_{r_2} - I_{a_2} \cdot Z_2$

$\therefore V_{r_1} - V_{r_2} = I_{a_1} \cdot Z_1 - I_{a_2} \cdot Z_2$ for phase ⓐ

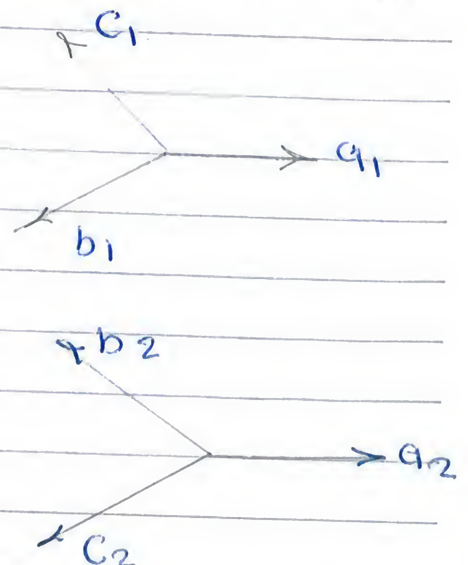
$\therefore V_{1r_b} = \alpha^2 V_{f_1} + \alpha^2 \cdot I_a \cdot Z_1$

$V_{1r_b} = \alpha^2 V_{1r_a}$

$\therefore V_{1r_c} = \alpha V_{1r_a} = \alpha V_{f_1} + \alpha I_a \cdot Z_1$

$\therefore V_{2r_b} = \alpha V_{2r_a} = \alpha V_{f_2} + \alpha \cdot I_{a_2} \cdot Z_2$

$\therefore V_{2r_c} = \alpha^2 V_{2r_a} = \alpha^2 V_{f_2} + \alpha^2 \cdot I_{a_2} \cdot Z_2$



$\therefore V_{rB} = V_{1rb} + V_{2rb} = \alpha^2 V_{f1} + \alpha^2 I_{a1} \cdot Z_1 + \alpha V_{f2} + \alpha \cdot I_{a2} Z_2$

$\therefore V_{rB} = V_{f1}(\alpha^2 + \alpha) + \alpha^2 I_{a1} \cdot Z_1 + \alpha I_{a2} \cdot Z_2$

-1

$\therefore V_{rc} = V_{1rc} + V_{2rc} = \alpha V_{f1} + \alpha I_{a1} \cdot Z_1 + \alpha^2 \cdot V_{f2} + \alpha^2 \cdot I_{a2} Z_2$

$\therefore V_{rc} = V_{f1}(\alpha + \alpha^2) + \alpha \cdot I_{a1} \cdot Z_1 + \alpha^2 \cdot I_{a2} \cdot Z_2$

$V_{rc} = -V_{f1} + \alpha I_{a1} \cdot Z_1 + \alpha^2 I_{a2} \cdot Z_2$

$\therefore V_{rB} - V_{rc} = -V_{f1} + \alpha^2 I_{a1} \cdot Z_1 + \alpha \cdot I_{a2} Z_2$
$+ V_{f1} - \alpha I_{a1} \cdot Z_1 - \alpha^2 I_{a2} \cdot Z_2$

$\therefore V_{rB} - V_{rc} = \alpha^2 I_{a1} \cdot Z_1 - \alpha I_{a1} \cdot Z_1 + \alpha I_{a2} \cdot Z_2 - \alpha^2 I_{a2} \cdot Z_2$

$\therefore V_{rB} - V_{rc} = I_{a1} \cdot Z_1 (\alpha^2 - \alpha) + I_{a2} \cdot Z_2 (\alpha - \alpha^2)$

$\because I_{br} = I_{a1}(\alpha^2 - \alpha)$ & $I_{cr} = I_{a2}(\alpha - \alpha^2)$

$\because Z_1 = Z_2$

$$Z_1 = \frac{V_{br} - V_{cr}}{I_{br} - I_{cr}}$$ impedance seen by the relay

$\therefore V_{rB} - V_{rc} = I_{a1} \cdot Z_1 (\alpha^2 - \alpha) + I_{a1} Z_1 (\alpha^2 - \alpha)$

$(I_{a1} = -I_{a2})$ ~~~

$\therefore V_{rB} - V_{rc} = 2 I_{a1} Z_1 (\alpha^2 - \alpha)$ #

$\therefore I_B = I_{b1} + I_{b2} = I_{a1}(\alpha^2 - \alpha)$

$I_C = I_{c1} + I_{c2} = I_{a1}(\alpha - \alpha^2)$

$\therefore I_B - I_C = 2 I_{a1}(\alpha^2 - \alpha)$

→ positive sequence impedance seen by the relay.

Non pilot 21 Relays for Transmission lines

ثانياً: phase To phase To Ground fault. مسئول شلالان أعطال

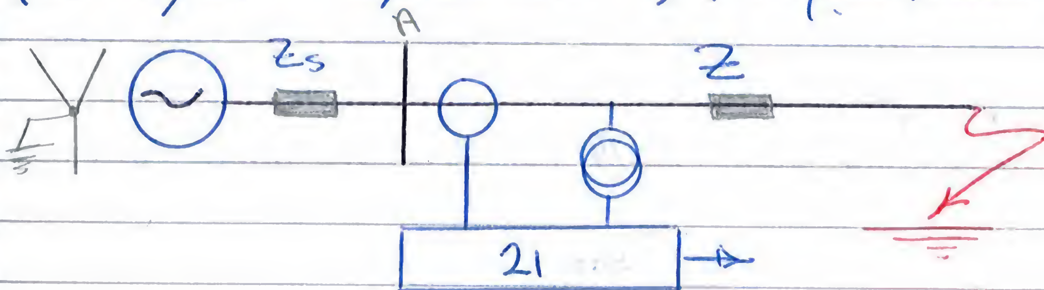
: (A-B-G & A-C-G & B-C-G)

unBalanced fault. هذا النوع هو أحد أنواع ال

Assume That fault in (B-C-G)

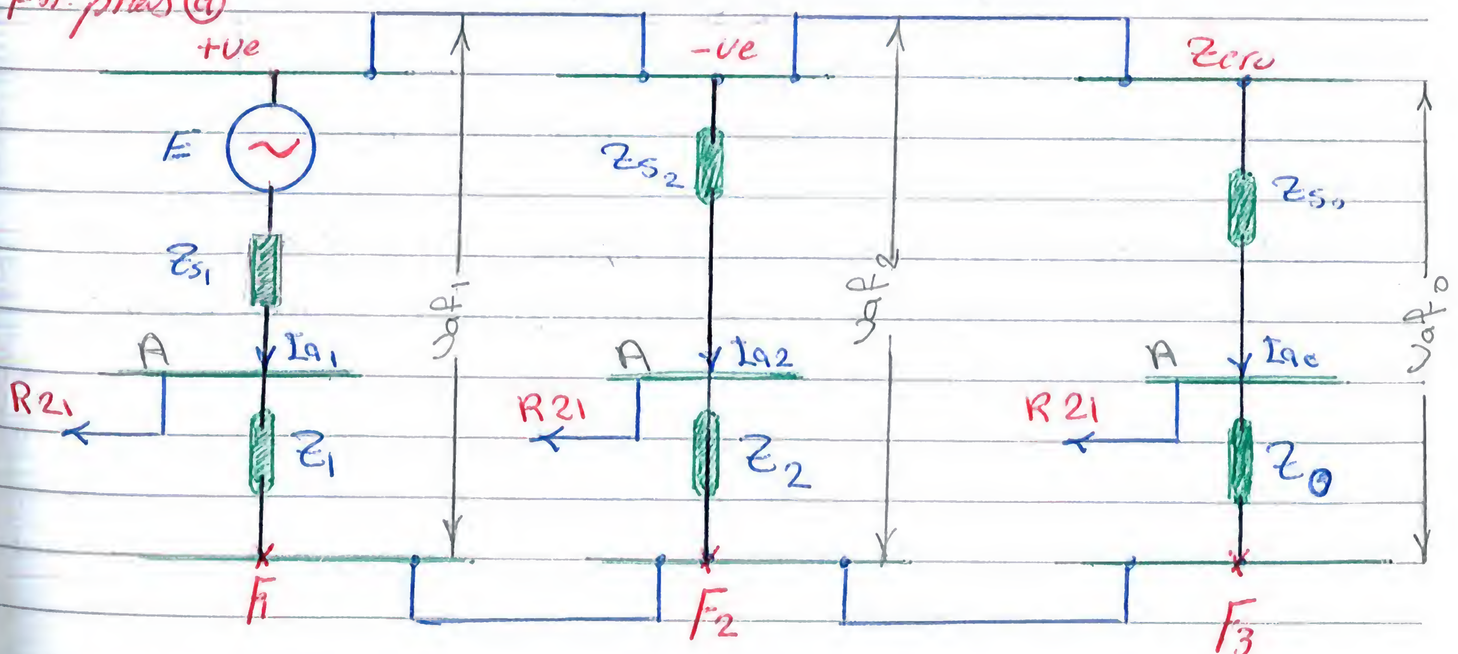
نرسم ال CKs لل Healthy phase (أي يتم رسم الخواص الثلاثة a)

لنفترض أنه فيه في الشبكة Fault ph to ph to G (B-C-G) ويتم عمل simulation لل Fault ويتم حساب (+ve sequence impedance)



ملحوظة: وجود اتصال بالارض يجعل وجود مركبة لل Zero sequence, هناك هذه حالة Double line To Ground نجد أن هناك ثلاث مركبات
→ (+ve & -ve & zero sequence and They are connected in parallel.)

for phas (a)



In The Case of Zero sequence

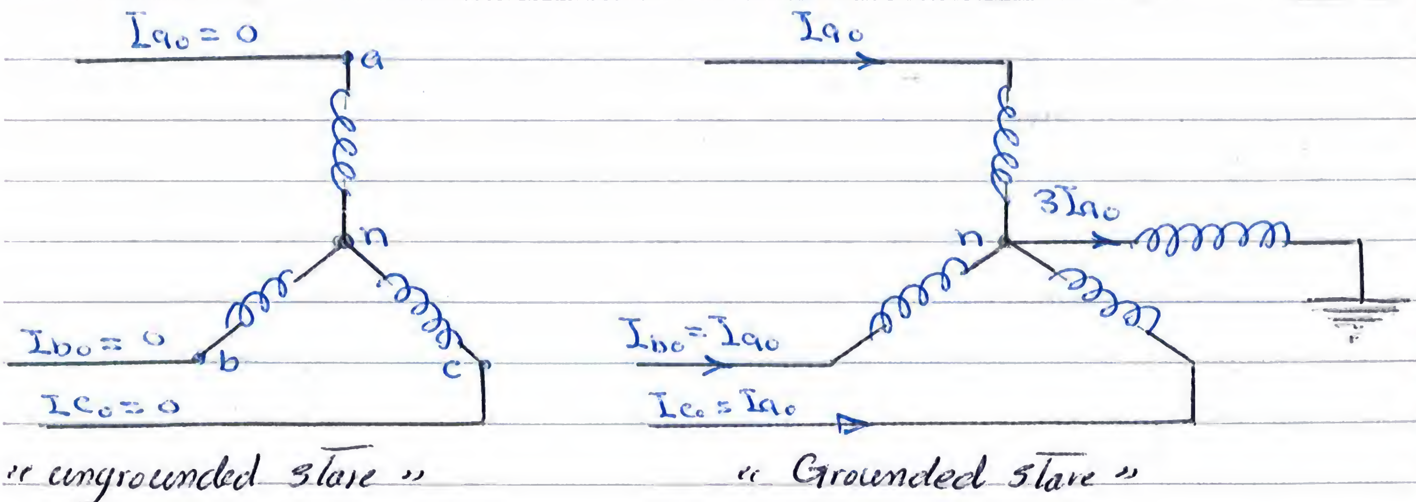
(تختلف التوصيلات حسب نوع توصيل الجهد (محول أو مولد أو . . . . -)

Zero Sequence Networks of Transformer.

Befor considering The zero sequence networks of various type of Transformer connections, Three important observation are made.

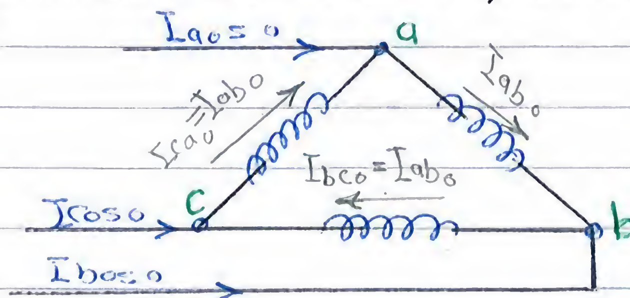
i) when magnetizing current is neglected, Transformer primary would carry current only if There is current flow in The secondary side.

ii) Zero sequence currents can flow in The legs of The stare connection only if The stare point is grounded which provides The necessary return path for zero sequence current.

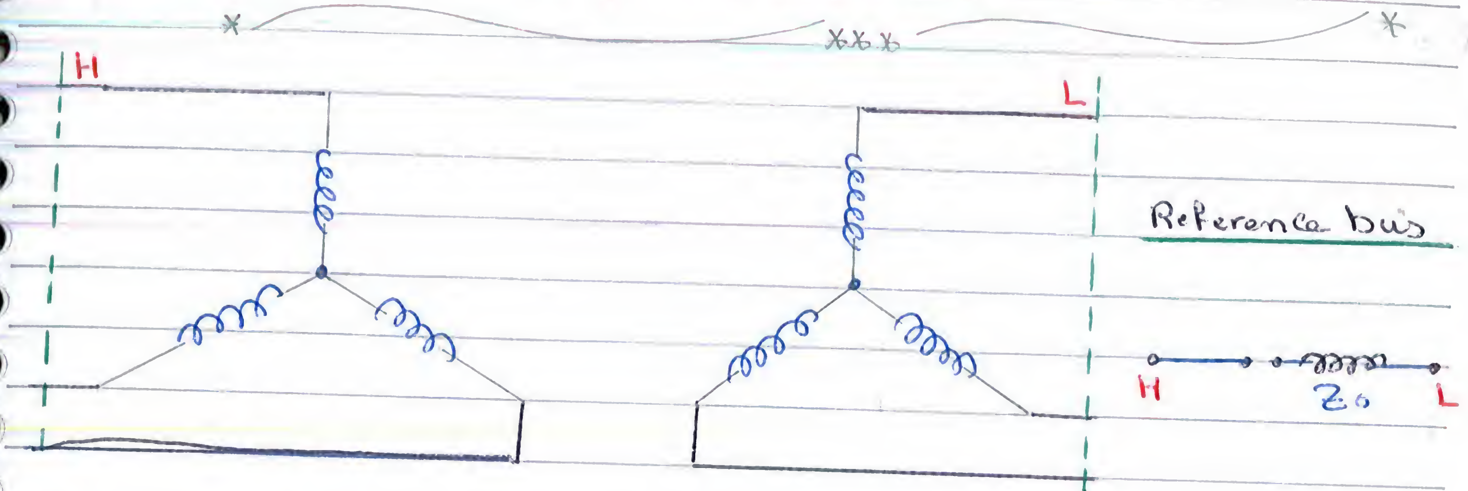


" ungrounded stare " " Grounded stare "

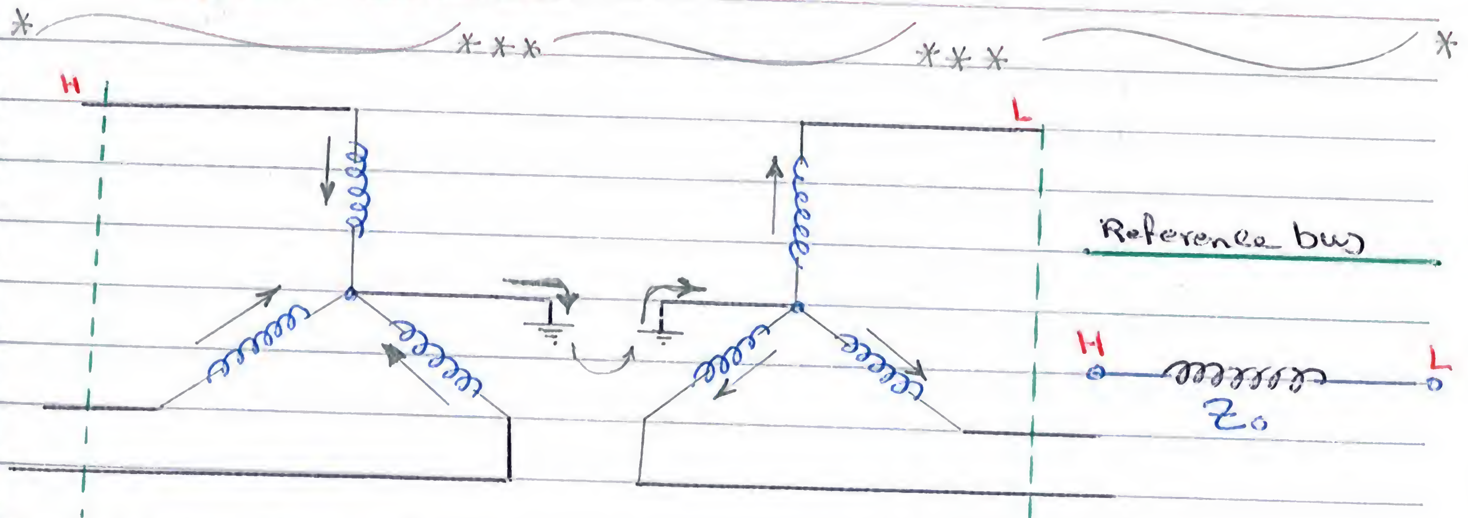
iii) No zero sequence currents can flow in The line conneted To a delta connection as no return path is available for These current.



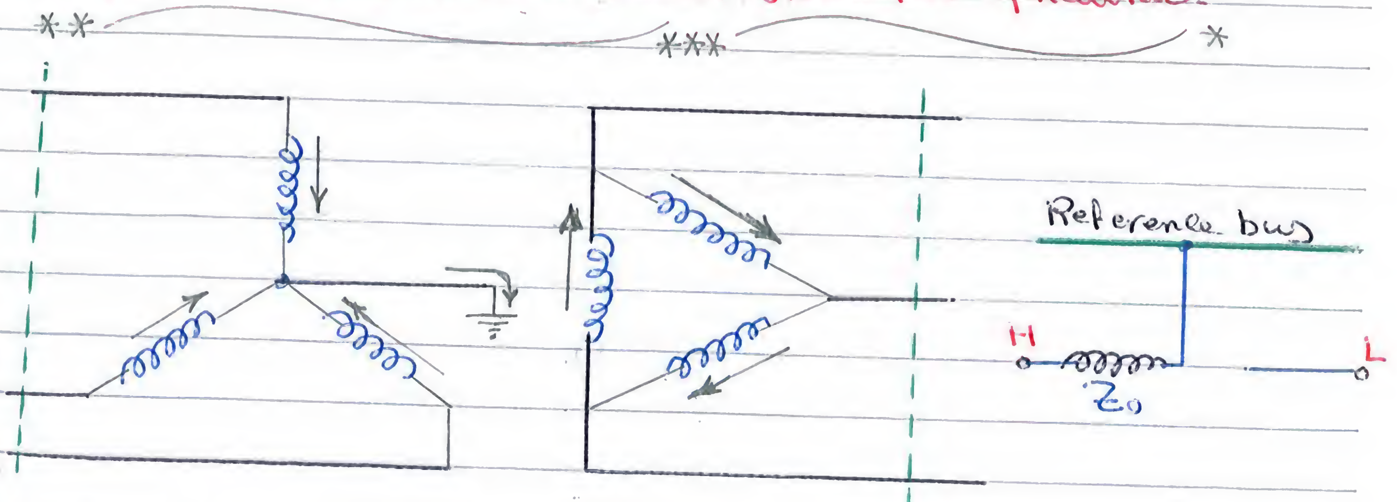
Y-Y Transformer bank with one neutral grounded and it's zero sequence network.



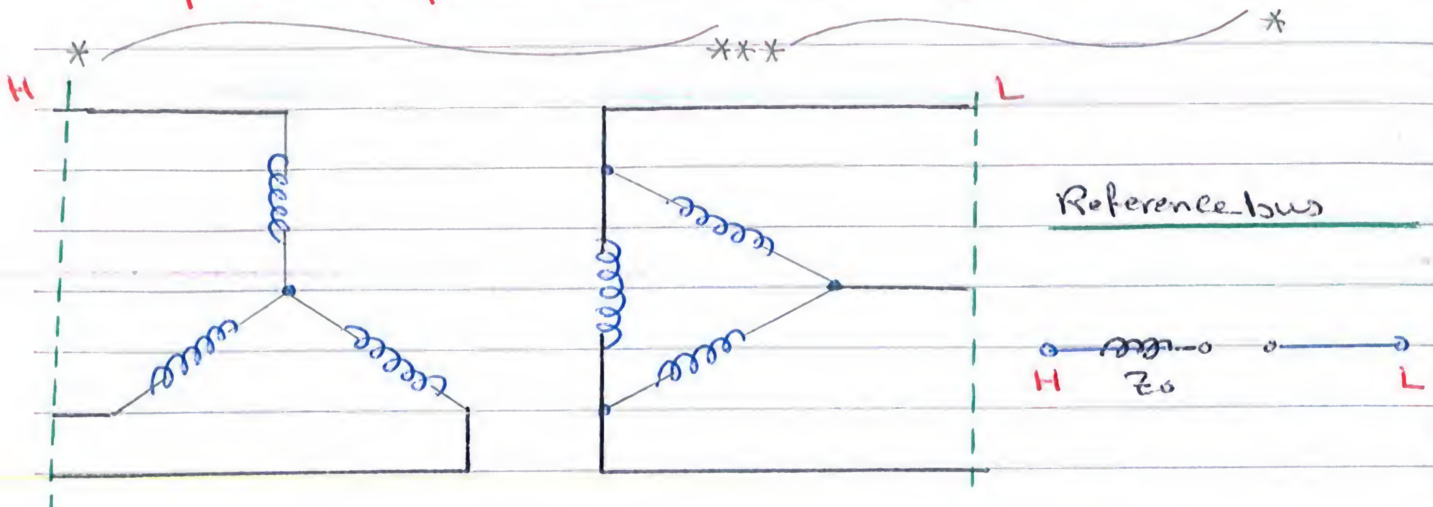
Y-Y Transformer bank with neutrals grounded and it's zero sequence network.



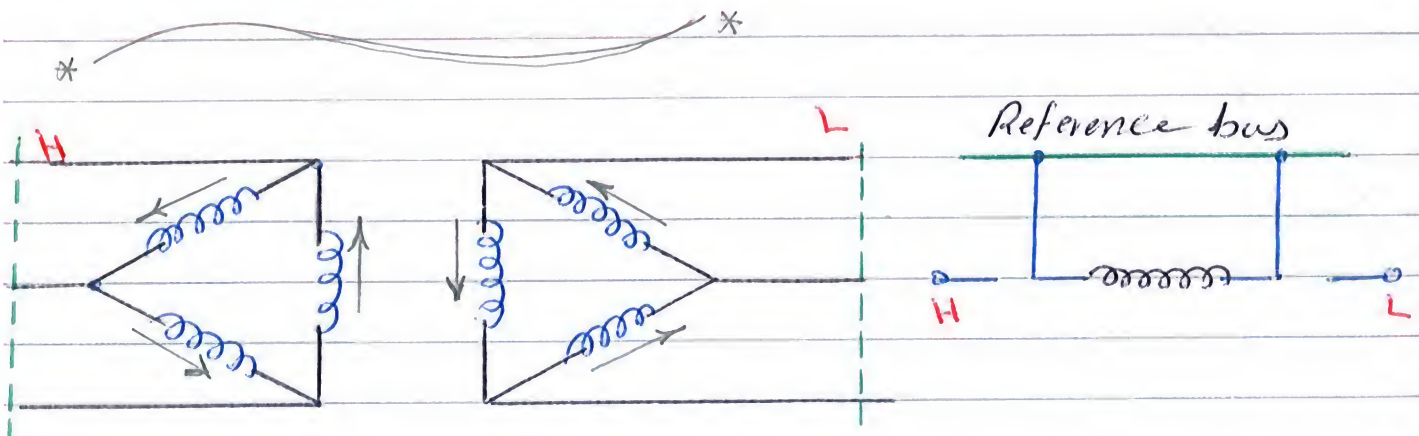
Y-Δ Transformer bank with grounded Y neutral.



. Y - Δ Transformer bank with ungrounded star.



. Δ - Δ Transformer bank.



$\therefore V_{af_1} = V_{af_2} = V_{af_0}$ in phase To phase To Ground.

$$\therefore I_{a_1} = \frac{E}{Z_{s_1} + Z_1 + (Z_{2eq} \parallel Z_{0eq})}$$

$\therefore V_{1r} = I_{a_1} Z_1 + V_{af_1}$

$V_{1r} - I_{a_1} Z_1 = V_{2r} - I_{a_2} \cdot Z_2 = V_{0r} - I_{a_0} Z_0$

ع المشكلة إنا بيدور على الريلي ومعنا لابد مدها ب جميع الـvoltages حتى نكون ليه Ref للريان

$\therefore V_{1r} - I_{a_1} Z_1 = V_{2r} - I_{a_2} Z_2$

for The T.L $Z_1 = Z_2 \Rightarrow V_{1r} - V_{2r} = (I_{a_1} - I_{a_2}) Z_1$

$$\therefore Z_1 = \frac{V_{1r} - V_{2r}}{I_{a_1} - I_{a_2}}$$ ⇒ for phase (a)

V_{1r} ⟹ +ve Voltage sequence at Relay location.

V_{2r} ⟹ -ve " " " "

I_{a1} ⟹ +ve Current sequence at Relay location.

⊛ At relay location find the phase.

* ** *

$\therefore V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$

$\therefore V_b = V_{b1} + V_{b2} + V_{b0}$

$\therefore V_c = V_{c1} + V_{c2} + V_{c0}$

$\therefore V_{b1}$ leads V_{a1} by 240°

$\therefore V_{b1} = \alpha^2 V_{a1}$, $V_{b2} = \alpha V_{a2}$

$\therefore V_{a0} = V_{b0}$ ⟹ ⚠ $\alpha^2 = 1\angle{-120}$ & $\alpha = 1\angle{120}$

$\therefore V_b = \alpha^2 V_{a1} + \alpha V_{a2} + V_{a0}$

$\therefore V_c = \alpha V_{a1} + \alpha^2 V_{a2} + V_{a0}$

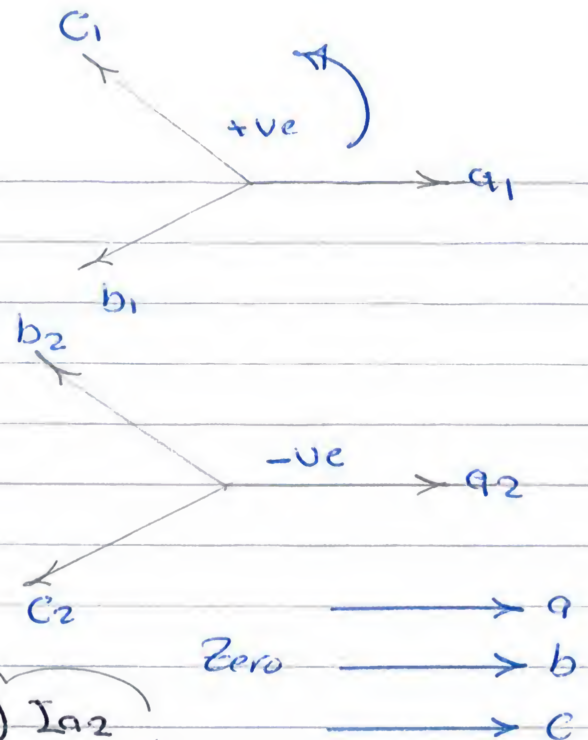
$\therefore V_{b-c} = V_b - V_c$

$$\therefore V_{b-c} = (\alpha^2 - \alpha) V_{a1} - (\alpha^2 - \alpha) V_{a2}$$ at Relay location

⊛ At relay location find the current.

**

$\therefore I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} = Zero$ (Because there is no fault) Healthy Phase



$\therefore I_b = I_{b1} + I_{b2} + I_{b0}$

$\therefore I_{b1} = \alpha^2 I_{a1}$ & $I_{b2} = \alpha I_{a2}$

$I_{a0} = I_{b0}$

$\therefore I_b = \alpha^2 I_{a1} + \alpha I_{a2} + I_{a0}$

$\therefore I_c = \alpha I_{a1} + \alpha^2 I_{a2} + I_{a0}$

$$I_b - I_c = (\alpha^2 - \alpha) I_{a1} - (\alpha^2 - \alpha) I_{a2}$$

$$I_b - I_c = (\alpha^2 - \alpha)(I_{a1} - I_{a2})$$

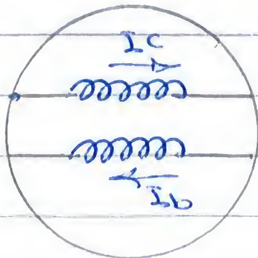
$$\therefore Z_1 = \frac{V_b - V_c}{I_b - I_c} = \frac{V_{1r} - V_{2r}}{I_{a1} - I_{a2}}$$

This Relay will see the +ve sequence impedance Z_1

سيتم تغذية هذا الريلاي كالآتي.

$\therefore$ Voltage Coil b - Voltage Coil c

Current Coil b - Current Coil c



تم تغذية الريلاي بال phases اللي بال fault.

عن طريق ال CTs

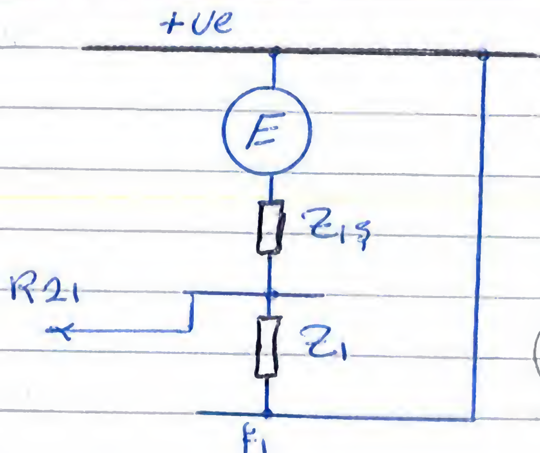
Three phase fault (3ϕ)

** **

A 3ϕ Fault is called asymmetrical Fault

لأن الظرفية الإ +ve فقط

⇒ +ve sequence Appear only.



$V_{af_1} = V_r$ & $V_{af_2} = V_{af_0} = \text{Zero}$

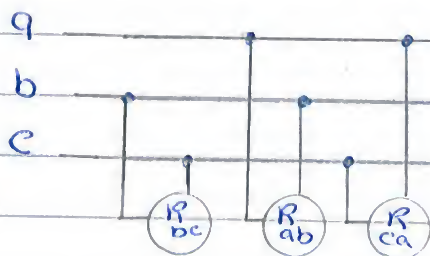
$V_{af_2} = 0 \Rightarrow I_{af_2} = 0$

$V_{af_0} = 0 \Rightarrow I_{af_0} = 0$

$\therefore I_a = I_{a_1} = \dfrac{V_r}{Z_1}$

+ve sequen غير موجود جهاز

$\therefore V_a = V_{a_1} + V_{a_2} + V_{a_0}$ (with $V_{a_2} = 0$, $V_{a_0} = 0$)



$\therefore R_{ab} = \dfrac{V_a - V_b}{I_a - I_b}$

$\therefore R_{bc} = \dfrac{V_b - V_c}{I_b - I_c}$

$\therefore R_{ca} = \dfrac{V_c - V_a}{I_c - I_a}$

$\therefore V_{a_1} = V_a \Rightarrow I_{a_1} = I_a$

$\therefore V_b = \alpha^2 V_{a_1}$, $V_c = \alpha V_{a_1}$

$I_b = \alpha^2 I_{a_1}$, $I_c = \alpha I_{a_1}$

$\therefore R_{ab} = \dfrac{V_a - V_b}{I_a - I_b} = \dfrac{V_a - \alpha^2 V_a}{I_a - \alpha^2 I_a} = \dfrac{V_a(1-\alpha^2)}{I_a(1-\alpha^2)}$

$\therefore Z_1 = \dfrac{V_a}{I_a}$

Distance phase Relay is responsable for (ph to ph fault & ph to ph to G fault & 3ϕ fault) (3+3+1 = 7 اعطال يعني عدد

كما ذكرنا ان

كما ذكرنا سابقاً أن ال Distance Relay ينقسم الى نوعين ① phase Relay unit

② Ground Earth fault Relay unit

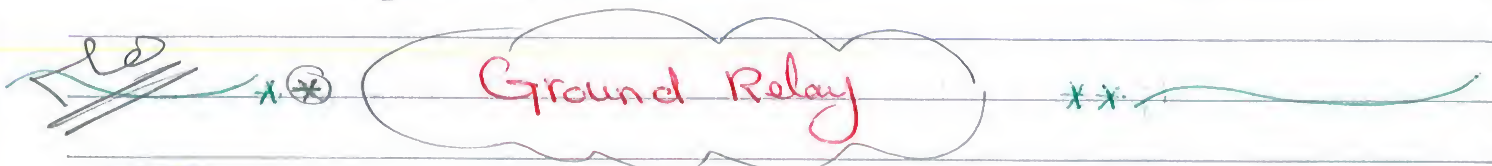
3φ fault

وذكرنا أن النوع الأول مسؤول عن عدد 7 أعطال → A-B & B-C & A-C

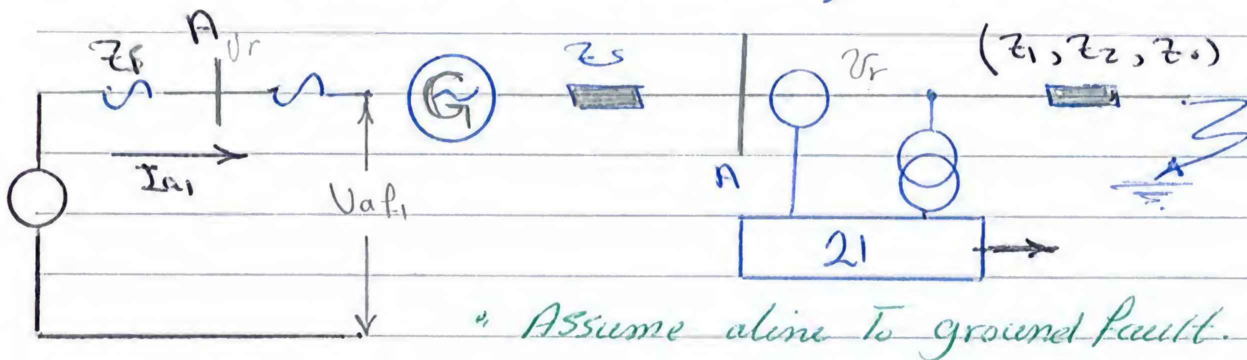
A-B-G & A-C-G

B-C-G

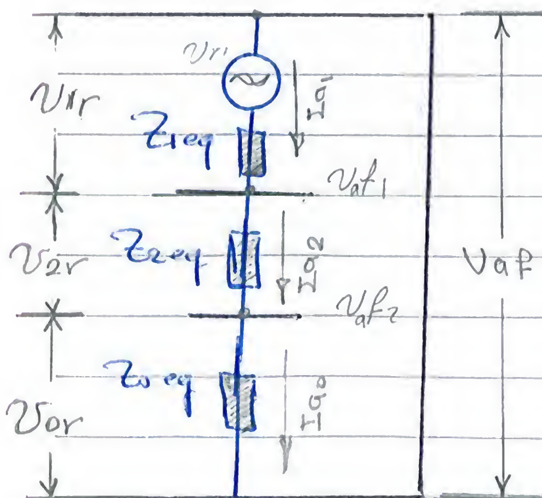
والنوع الثاني مسؤول عن ثلاث اعطال فقط → A-G & B-G & C-G



This Relay is responsible for phase To Ground fault.
(A-G , B-G , C-G) — مسؤول عن 3 fault



* Assume a line To ground fault.



$\therefore I_{a0} = I_{a1} = I_{a2}$

$V_{af} = 0$

$\therefore V_{af1} + V_{af2} + V_{af0} = \text{Zero}$

$\therefore V_{af1} = V_{1r} - I_{a1} Z_1 \longrightarrow (1)$

$V_{af2} = V_{2r} - I_{a2} Z_2 \longrightarrow (2)$

$Z_1 = Z_2$

$V_{af2} = V_{2r} - I_{a2} \cdot Z_1 \longrightarrow (2)$

$V_{af0} = V_{0r} - I_{a0} Z_0 \longrightarrow (3)$

$\therefore V_{1r} - I_{a1} Z_1 + V_{2r} - I_{a2} Z_1 + V_{0r} - I_{a0} Z_0 = 0$

$\therefore (V_{1r} + V_{2r} + V_{0r}) - I_{a1} Z_1 - I_{a2} Z_1 - I_{a0} Z_0 = 0$

$\therefore$ → phase (a) voltage at Relay location. (V_{ar})

$\therefore \underbrace{V_{1r} + V_{2r} + V_{0r}}_{V_{ar}} - I_{a1} Z_1 - I_{a2} Z_1 - I_{a0} Z_0 = 0$

$\therefore V_{ar} - I_{a1} Z_1 - I_{a2} Z_1 - I_{a0} Z_0 = 0$

$\therefore V_{ar} = I_{a1} . Z_1 + I_{a2} . Z_1 + I_{a0} . Z_0$

Add and subtract $(I_{a0} Z_1)$ — بإضافة وطرح $(I_{a0} Z_1)$

$\therefore V_{ar} = I_{a1} Z_1 + I_{a2} . Z_1 + I_{a0} Z_0 + I_{a0} Z_1 - I_{a0} . Z_1$

$\therefore V_{ar} = Z_1 \underbrace{(I_{a1} + I_{a2} + I_{a0})}_{I_a} + I_{a0} (Z_0 - Z_1)$

$\therefore V_{ar} = I_a . Z_1 + I_{a0} (Z_0 - Z_1)$

$\therefore V_{ar} = Z_1 \left(I_a + I_{a0} \left(\frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} \right) \right)$

$\therefore V_{ar}$

$$\therefore Z_1 = \frac{V_{ar}}{I_a + I_{a0} \left(\frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} \right)}$$

$\therefore Z_1 \Rightarrow$ +ve sequence impedance seen by the Relay.

هذا الريلاي يتم تغذيته بـ phase voltage وكذلك phase current ويضاف إليه ما يسمى بالـ Compensating factor

Voltage Coil $\Rightarrow$ phase voltage.
Current Coil $\Rightarrow$ (phase current & Compensating factor)

let $\frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} = m$ → Zero sequence Compensating factor
$(1.5 \rightarrow 2.5)$ or $m = 2$

$$\therefore Z_1 = \frac{V_{ar}}{I_a + I_{a0} * m}$$

∵ جزء من Current Coil هو تيار الـ phase والجزء الآخر هو تيار الـ Zero وإلا الريلاي هيشوف الـ Fault في منطقة أبعد من منطقته
"Under reach"

$$Z_1 = \frac{V_{ar}}{I_a + I_{a0}\left(\frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}\right)}$$

impedance seen by The Ground Relay.

In The Case of 3ϕ Fault.

$I_0 = Zer$

$$Z_1 = R_a = \frac{V_{ar}}{I_a}$$

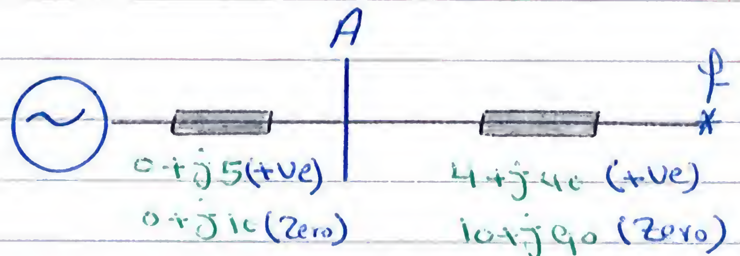
From This The Ground relay sens also The 3ϕ fault.

Ground Relay بالتالي عملنا ال 3ϕ fault نتيشاف ب phase Relay وكذلك

Example.

Consider The simple system represented by The one line Diagram in The Fig.

- The system nominal voltage is (13.8 kV)



And The positive and zero sequence impedance of The two elements are as shown in The fig.

Calculate. The apparent impedance seen by The relays in The Case of.

a) 3ϕ fault
b) phase To phase fault.
c) phase a- To Ground fault
d) Also find the apparent impedance seen by The relay in unfaulted phases. (R_a, R_b, R_c, R_{ab}, R_{ca}).

الحل. In The Case of 3ϕ fault

. In This Case The positive sequence impedance & positive sequence current exist

$$Z_1 = \frac{V_{ar}}{I_a + I_{a0}\left(\frac{Z_0 - Z_1}{Z_1}\right)}$$

impedance seen by The Ground Relay.

In The Case of 3ϕ Fault.

$I_0 = $ Zer

$$Z_1 = R_a = \frac{V_{ar}}{I_a}$$

From This The Ground relay sens also The 3ϕ fault.

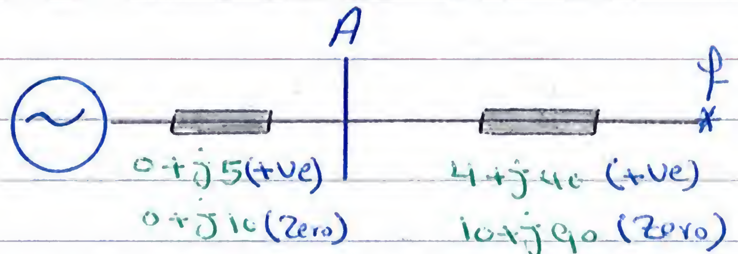
بالتالي عطل الـ 3ϕ fault بيتشاف بـ phase Relay وكذلك بـ Ground Relay

---

Example.

Consider The simple system represented by The one line Diagram in The Fig.

- The system nominal Voltage is (13.8 kV)



And The positive and zero sequence impedance of The two elements are as shown in The fig.

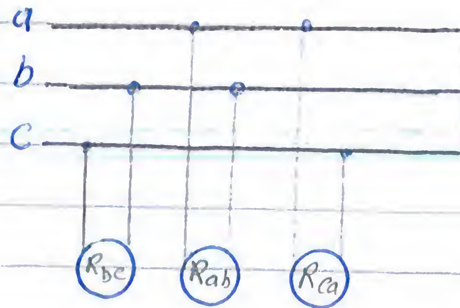
Calculate. The apparent impedance seen by The relays in The Case of.

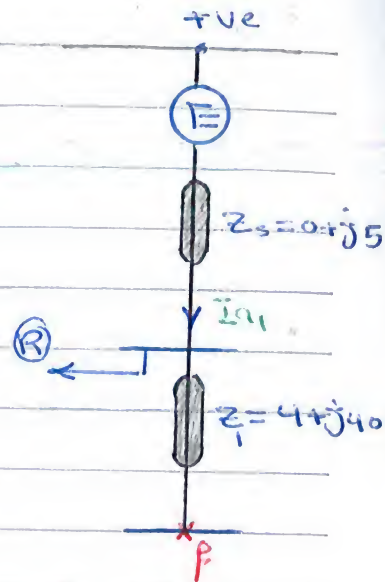
a) 3ϕ fault
b) phase To phase fault.
c) phase a - To Ground fault
d) Also find the apparent impedance seen by The relay in unfaulted phases. (R_a, R_b, R_c, R_{ab}, R_{ca}).

الحل. In The Case of 3ϕ Fault

. In This Case The positive sequence impedance & positive sequence current exist

$\therefore I_{a_1} = I_a$





$\therefore E = \dfrac{13.8 * 10^3}{\sqrt{3}}$

$\therefore E = 7967.4$ volt.

$\therefore I_a = I_{a_1} = \dfrac{7967.4}{(Z_s + Z_1)} = \dfrac{7967.4}{4 + j45}$

$\therefore I_a = I_{a_1} = 176.35 \angle -84.92$

ولحساب جهد الجزء عند Relay location.

$\therefore E = I_{a_1} \cdot Z_{1s} + V_{ar}$

$\therefore V_{ar} = E - I_{a_1} \cdot Z_{1s} = 7967.4 - j5 * 176.35 \angle -84.92$

$V_{ar} = 7967.4 - 881.8 \angle 5.08$

$V_{ar} = 7089.06 - j78.08 = 7089.49 \angle -0.63$ #

$\therefore R_a = \dfrac{V_{ar}}{I_a} = \dfrac{7089.49 \angle -0.63}{176.35 \angle -84.92} = 4 + j40 \ \Omega$ #

$\therefore R_b = \dfrac{V_{br}}{I_b} \Rightarrow V_b = \alpha^2 V_a$ & $I_b = \alpha^2 I_a$

$\therefore R_b = \dfrac{\alpha^2 V_a}{\alpha^2 I_a} = \dfrac{V_a}{I_a} = R_a = R_c$

$\therefore R_c = \dfrac{\alpha V_a}{\alpha I_a} = \dfrac{V_a}{I_a} = 4 + j40 \ \Omega$

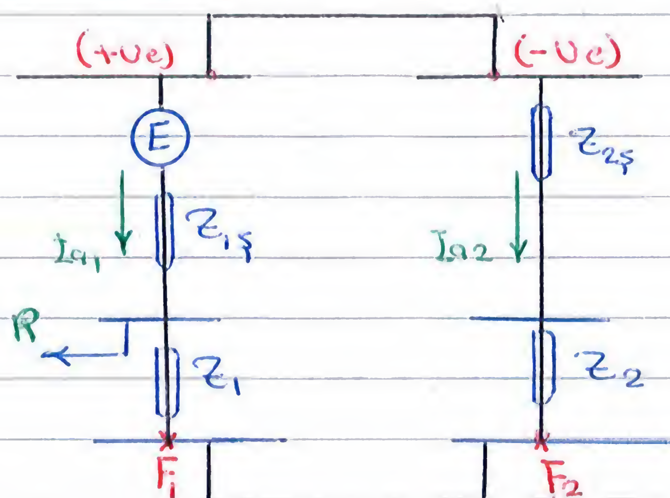
$\therefore R_{ab} = \dfrac{V_a - V_b}{I_a - I_b} = \dfrac{V_a(1 - \alpha^2)}{I_a(1 - \alpha^2)} = \dfrac{V_a}{I_a}$

$\therefore R_{bc} = \dfrac{V_b - V_c}{I_b - I_c} = \dfrac{\alpha^2 V_a - \alpha V_a}{\alpha^2 I_a - \alpha I_a} = \dfrac{V_a(\alpha^2 - \alpha)}{I_a(\alpha^2 - \alpha)}$

$\therefore R_{ca} = \dfrac{V_c - V_a}{I_c - I_a} = \dfrac{(\alpha - 1) V_a}{(\alpha - 1) I_a} = \dfrac{V_a}{I_a}$

ثانياً. phase To phase fault. * ~~~~ *** ~~~~ * · For This Case only The positive and negative Current exist. we Assume. The fault between b-c.

∴ we will draw The circuit for healthy phase (a)



$\therefore I_{a1} = -I_{a2}$

$\therefore I_{a1} = \dfrac{E}{Z_{1s} + Z_1 + Z_2 + Z_{2s}}$

$I_{a1} = \dfrac{7967.4}{2*(4+j45)}$

$(Z_1 = Z_2)$

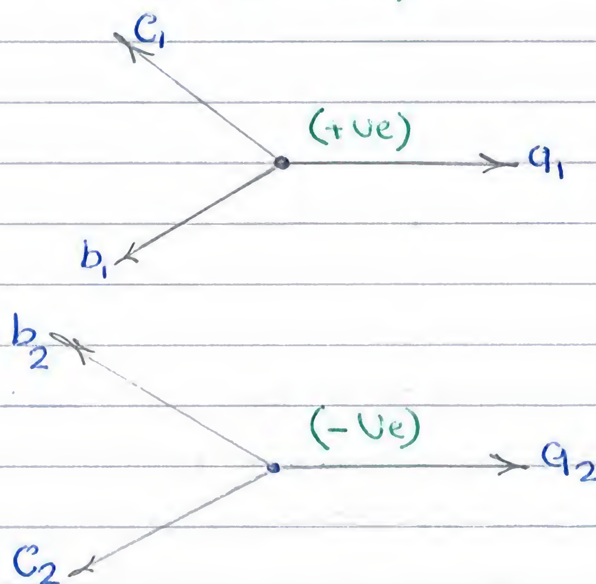
$\therefore I_{a1} = -I_{a2} = 88.1 \angle -84.92$

$\therefore I_{b1} = \alpha^2 I_{a1}$ & $I_{b2} = \alpha I_{a1}$

$\therefore I_b = I_{b1} + I_{b2}$

$\therefore I_b = \alpha^2 I_{a1} + \alpha I_{a2}$

$\therefore I_b = I_{a1}(\alpha^2 - \alpha)$



$\therefore I_c = I_{c1} + I_{c2}$

$I_c = \alpha I_{a1} + \alpha^2 I_{a2}$

$\therefore I_c = I_{a1}(\alpha^2 - \alpha)$

$\therefore I_b = -I_c = I_{a1}(\alpha^2 - \alpha)$

$\therefore V_B = V_{b1} + V_{b2} = \alpha^2 V_{a1} + \alpha V_{a2}$

$\therefore V_{a1} = 7967.4 - j5 * 88.18 \angle -84.92$

$\therefore V_{a2} = j5 * 88.18 \angle -84.92 = 440.9 \angle 5.08$

$\therefore V_B = \alpha^2 V_{a1} + \alpha V_{a2}$

$\therefore V_B = 1\angle{-120} * 7528.33\angle{-0.3} + 1\angle{120} * 440.9\angle{5.08}$

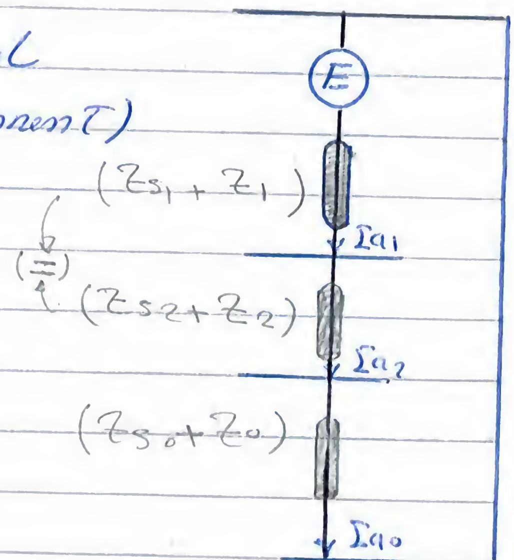
$\therefore V_B = -4051.3 - j\,6139.3$ Volt.

$\therefore V_c = \alpha V_{a1} + \alpha^2 V_{a2} = -3916.09 + j\,6139.3$ Volt.

$\therefore Z_1 = \dfrac{V_B - V_c}{I_b - I_c} = 4 + j\,40\ \Omega$ //

Ex. phase a - to ground fault.

For This fault The Three symmetrical Component are equal. (Current Component)



$\therefore I_{a1} = I_{a2} = I_{a0}$

$$\therefore I_{a1} = \frac{E}{Z_{s1}+Z_1+Z_{s2}+Z_2+Z_{s0}+Z_0}$$

$$\therefore I_{a1} = \frac{7967.4}{j5*2+(4+j40)*2+j10+10+j90}$$

$\therefore I_{a1} = 41.75\angle{-84.59}$

The symmetrical Component of The Voltage at The Relay location.

$\therefore V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0}$

$\therefore V_{a1} = E - I_{a1} \cdot Z_{s1} = 7967.4 - j5 * 41.75\angle{-84.59}$

$\therefore V_{a1} = 7759.58 - j19.68$

∴ $E_{a2} = V_{a2} = -I_{a2} * Z_{s2} = -j5 * 41.75 \angle -84.59$

∴ $V_{a2} = -207.82 - j19.68$

∴ $V_{a0} = -I_{a0} * Z_{s0} = -j10 * 41.75 \angle -84.59$

$V_{a0} = -415.64 - j39.36$

∴ And The phase a voltage and Current at The relay location are.

∴ $E_a = V_a = V_{a1} + V_{a2} + V_{a0} = 7136.55 \angle -0.63$

$I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0}$

∴ The zero sequence current compansating factor (m) is given by.

$$m = \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} = \frac{10 + j90 - 4 - j40}{4 + j40}$$

∴ $m = 1.253 \angle -1.13$

∴ and The Compansated phase a Current ($I_a = I_a + mI_0$)

$$∴ Z_1 = \frac{V_a}{I_a + mI_{a0}} = \frac{7136.55 \angle -0.63}{177.54 \angle -84.92}$$

I_a'

∴ $Z_1 = 4 + j40\ \Omega$ #

Comment

Factors affecting The (21) Distance Relay operation

* *** *

① Relay in un faulted phase.
② Fault Resistance.
③ Dc offset.
④ Relay operation with zero voltage.
⑤ Relay for multi Terminal lines.
⑥ protection of parallel line.
⑦ loadability of Relay.

over reach أي عامل إشغال يخلي الريلاي يعمل mail operation أو يكون زيادة وقليل
أو under reach وبالتالي يعمل mail operate

Ground Relay:

$\therefore R_a = \frac{V_a}{I_a + m I_o}$

$\therefore R_b = \frac{V_b}{I_b + m I_o}$

$\therefore R_c = \frac{V_c}{I_c + m I_o}$

phase Relay:

$\therefore R_{ab} = \frac{V_a - V_b}{I_a - I_b}$

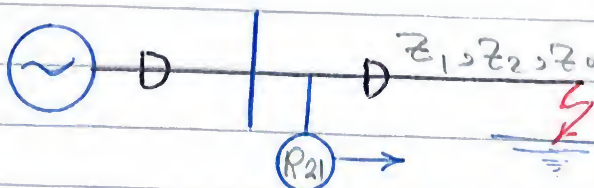
$\therefore R_{bc} = \frac{V_b - V_c}{I_b - I_c}$

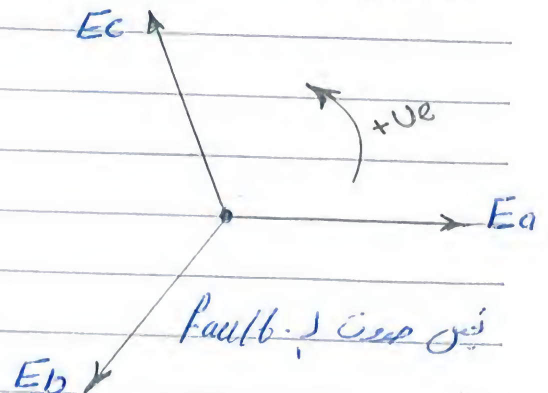
$\therefore R_{ca} = \frac{V_c - V_a}{I_c - I_a}$

من المفروض أنه (6 unit) واحد بس اللي يشتغل حيث يقيس الـ fault impedance
ويقدر يـ discriminate لنا الـ element ونفصل عليه.

⇒ Relay in unfaulted phase.

** **





نفس حدوث الـ fault.

نفرض حدوث single line To ground fault (phase a To ground)

Although There are Three phase distance, and Three ground distance relays in use for protection against all ten types of fault on

a Three - phase system, only one of This Relays measures The correct distance To The fault for a specific fault Type.

ليس لازم معرفة ما تقيسه الريليهات الأخرى . وهم خ الأتوهم ليقيسوا impedance
البعيد fault impedance.

The distance measured by The other relays may be such That an erroneous operation of some of The other Relays may result.

⇒ of Course, if The protection system is designed To Trip all Three phases for every fault, The fact That one or more Relays may operate for one fault is of no practical significance
لها دلالة أو معنى عملي

⇒ Although erroneous Targets produced by some of The Relays may lead to unnecessary Confusion → اختلاط - تلبك
in post-mortem analysis of fault, and is To be avoided if at all possible only when single phase Tripping for phase To ground fault is To be used.

كما ذكرنا نفترض حدوث (phase a To ground) نوجد الجزء a

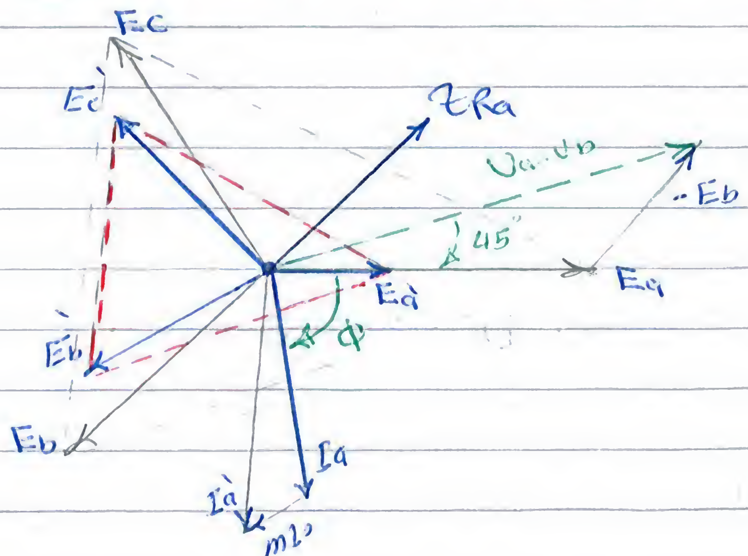
E_a' ⇒ at Relay location.

$$Z_{Ra} = \frac{V_a}{I_a + m I_o}$$

Consider V_a is reference

$$\therefore Z_{Ra} = \frac{V_a \angle 0}{I_a' \angle -\phi}$$

$$\therefore Z_{Ra} = \frac{V_a}{|I_a'|} \angle \phi$$



$Z_{R_b} = \frac{V_b}{I_b + m I_0}$ >> out of Zone. & Z_{R_c} "

$\therefore$ Then The Ground Relay Ra will operat only.

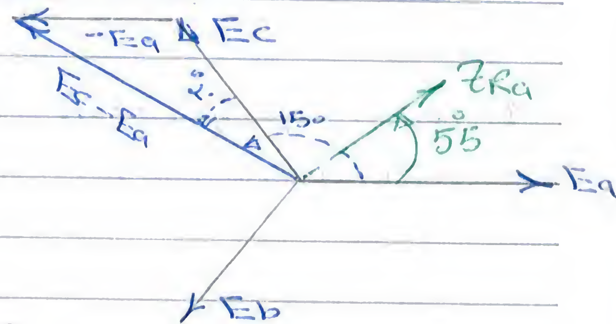
* phase Relay. $\therefore R_{bc} = \frac{V_b - V_c}{I_b - I_c} = \frac{V_b - V_c}{\text{Zero}} = \infty$

وبالتالي هذا الريلاي لا يعمل مطلقاً لأن الـ fault لا يوجد به وهنا ما تأثيره لان العطل L-G

$\therefore R_{ab} = \frac{V_a - V_b}{I_a - I_b} = \frac{|V_a - V_b| \angle 45^\circ}{|I_a| \angle -85} = \frac{|V_a - V_b|}{|I_a|} \angle 130^\circ$

$\therefore R_{ca} = \frac{V_c - V_a}{I_c - I_a} = \frac{|V_c - V_a| \angle 150^\circ}{I_c - I_a \angle -85 - 180} = \frac{|V_c - V_a|}{-I_a} \angle 55^\circ$

$\therefore Z_{ca} = R_{ca} = \angle 55^\circ$



phase Relay $\Rightarrow$ open 3ϕ circuit.

ground Relay $\Rightarrow$ one phase with A/R.

ground Relay $\Rightarrow$ open 3ϕ with out auto Recloser.

$\Rightarrow$ Fault resistance or (Arc resistance)

$\therefore$ In developing distance relay equation, we assumed that the fault under consideration was an ideal (zero resistance) short circuit. In reality, for multi phase fault, the fault arc will be between two high voltage conductors. The fault path may consist of an electrical arc between the high voltage conductor and ground object, such as the shield wire, or the tower itself.

In either case, the fault path will have a resistance in it, which may consist of arc resistance or an arc resistance in series

With The tower footing resistance in The case of ground fault:

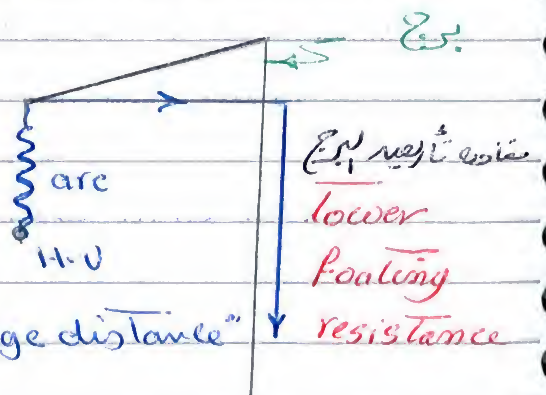
ideal short circuit عند دراستنا للريلاي (21) Distance كنا نفترض أنه
أي ليس هناك مقاومة للـ (arc) ويكون في 3φ system فعند حدوث Fault
يكون هناك arc بين two conductor أما الآن هناك مقاومة الـ arc وتكون
توالي مع مقاومة تأريض البرج (Tower footing resistance)

⇒ The tower footing resistance is practically constant during The fault (Ranges between 5 Ω and 50 Ω), The arc resistance changes in time as The fault current continues to flow. During The early period of The arc, say in The first few millisecond, The arc resistance is negligible, and as The arc channel gets elongated in time, The arc resistance increases.

⇒ For relaying considerations, it's generally assumed That The arc resistance is constant, given by an empirical formula.

$$\therefore R_{arc} = \frac{76\,U^2}{S_{s.c}}$$

$$\therefore R_{arc} = \frac{76\,(KV_{L.L})^2}{MVA)_{s.c}} \quad (1)$$

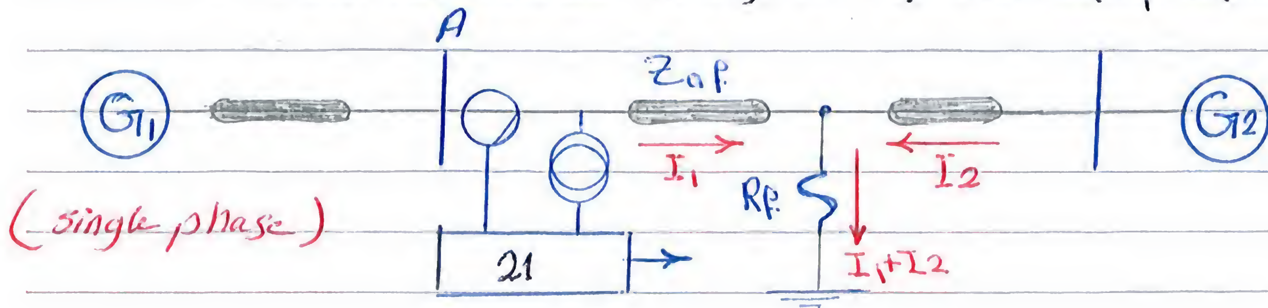


$$\therefore R_{arc} = \frac{2.9 * 10^4 * \text{length}}{I_{s.c}^{1.4}} \quad (2)$$

$\therefore$ U ⇒ is The system voltage in KV

$S_{s.c}$ ⇒ The short circuit at The fault location

كلما كان جهد الشبكة عالي جداً كلما ازدادت arc resistance



تأثير الـ arc resistance على الريلاي (هل تعمل over reach أو under reach)

ولنفرض أن لدينا single phase Transmission system كما تم رسمه بالشكل السابق وبالتالي نتعامل بس بالـ (+ve sequence).

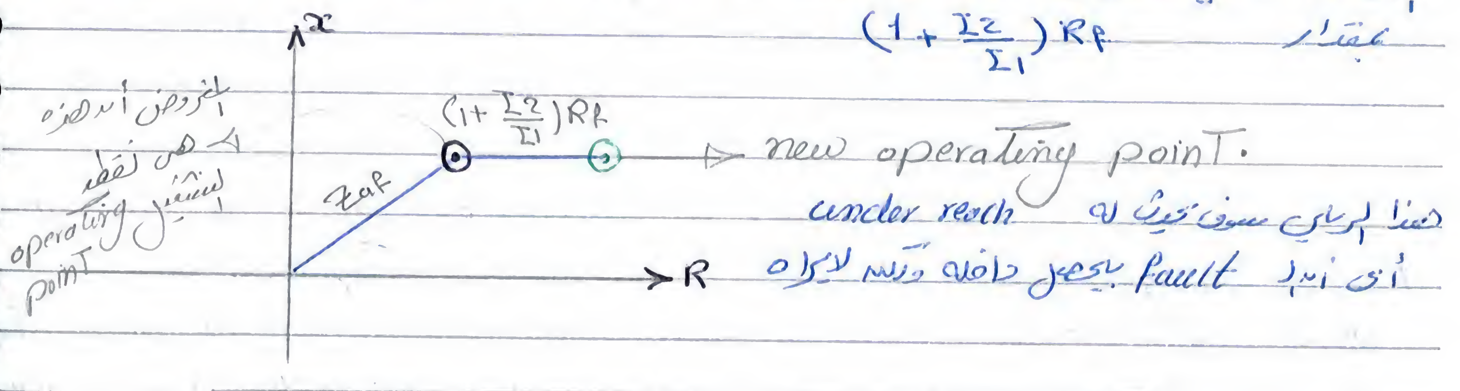
$$\therefore Z_{Ra} = R_a = \frac{V_a}{I_a} \Rightarrow I_a = I_{a1} = I_1$$

$$\therefore V_a = I_1 \cdot Z_{af} + (I_1 + I_2) R_f \Rightarrow \text{Voltage at relay location}$$

$$\therefore Z_{Ra} = \frac{V_a}{I_1} = \frac{I_1 Z_{af} + (I_1 + I_2) R_f}{I_1}$$

$$\therefore Z_{Ra} = Z_{af} + \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) R_f \quad \#$$

بالمفروض أن الريلاي يشوف (Zaf) ولكن بيشوف زيادة error من arc resistance بمقدار $\left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) R_f$



⟹ DC offset.

نفرض حالة حدث قصر (s.c) خ الدائرة

$e = max \longrightarrow$ DC offset = Zero
$e = Zero \longrightarrow$ DC offset = max.

للتخلص من الـ DC offset يتم عمل الآتي:

Filteration or using Fourier Algorithm to eliminate The odd harmonic of DC offset and Take The fundamental (خ ...) (حذف ...)

مشكلة الـ DC offset أنه لا ينتظر الرلاي في حالة الـ High speed Relay وبالتالي لو حدث fault خارج الـ Zone المسئولة وبالتالي يعمله (over reach)

⇒ Relay operation with Zero Voltage.

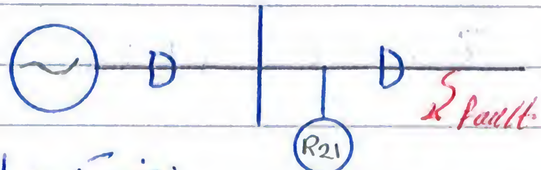
** ——— *** ——— **

The generlized Torque Equation ⇒ for an electro mechanical Relay

$$= K_1 I^2 + K_2 V^2 + K_3 I V \cos(\theta - \phi) - K_4$$

is adapted To a directional relay or amho relay, by appropriate Choices of a various constanT appearing in That equation

- If we close The C.B on Fault Condition.

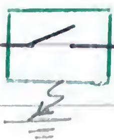


يعني يكون الـ fault أمام الريلاي مباشرة (Vr = Zero)

يعني ذلك انعدام الـ (Voltage signal) فتفتقد وبالتالي تفقد الريلاي خاصية الـ Directionality ولا وبالتالي يحصله Mail operate .

It is possible To design relays which will overcome The problem of Zero voltage faults. A common Technique is To provide a memory action circuit in The voltage coil, will sustain The pre fault voltage in The polrizing circuit for a few cycles after The occurrence of Zero voltage fault.

هذه الذاكرة عبارة عن دائرة (R-C) حيث يشحن المكثف بجهد وعند حدوث fault بالقرب من الريلاي لتقوم الريلاي بأخذ الجهد المخزن في الذاكرة ولتقوم بتحديد الـ Directionality له وتكون هذه العملية في الـ few cycle



ولكن هناك مشكلة

عند عمل أي شيء على الخط (صيانة) يتم تأريض البدايات وعند إعطاء أمر بالتشغيل يتم إزالة جميع الأشياء الأرضية . في حالة الصيانة الـ memory كان الجهد عليها الصفر (أي لا يوجد جهد على الشبكة) وعند عمل switching وصل إلى إذا أغلقنا على fault

" No memory action is available. "

وبالتالي الريلاي عنده يحصله mail operate وبالتالي ظهرت مشكلة ثانية

وحل هذه المشكلة يتم وضع ما يسمى بالـ " Instantinous over Current relay "

∴ To provide adequate protection against a zero voltage fault: an instantinous over current relay can be used to reach just beyond the relay location

non directional ال instantinous over current وللله وجد مشكلة غ

Since the instantinous relay is not directional it may not be possible to set it to discriminate between faults in the protected zone and fault beyond the relay.
behind

(Forword & Backword fault) يعني مش هيفرق بينهم

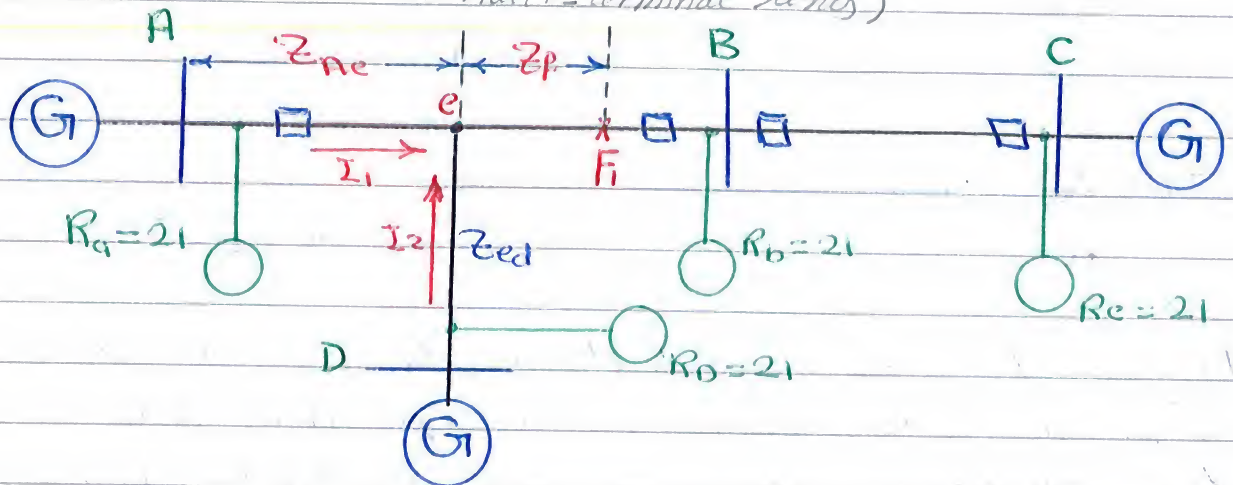
(10-15 cycles) خلال instantinous يتم حلها بإدخال ال
CB عند إغلاق ال

In case of computer-based distance relay, it's a simple matter to provide memory action by storing pre-fault data for as long a duration as one wishes., thus, it may be possible to provide memory action for reclosing function as well. when pre-fault voltage may not exist for several second prior to the reclosing function, of course one cannot use memory voltage function over very long periods of time as the phase angle of the memory voltage may no longer be valid due to small deviation and drifts in the power system frequancy

Relay for multi-Terminal lines

Occasionally, Transmission lines may be tapped to provide intermediate connection to loads, or to reinforce the underlying lower voltage network through a transformer, such a configuration is known a multi Terminal line.

تكون خطوط نقل القدرة الكهربائية متفرعة لتغذية الأحمال التي تتوسط هذه الخطوط أو لإعادة تقوية الجهد للشبكة من خلال المحولات. كما هو موضح بالشكل التالي وتعرف باسم « Multi-Terminal lines)



مشكلة الـ Multi-Terminal هو إزاي نحسب الـ setting لزونات الريلاي.

* Effect of infeed on Zone setting of 21 relay

For Fault F_1 $\therefore$ $I_{Ae} = I_1$, $I_{eF_1} = I_1 + I_2$

$$\therefore Z_{Ra} = \frac{V_r}{I_r} = \frac{V_r}{I_1} = \frac{I_1 Z_{Ae} + (I_1 + I_2) Z_{ef}}{I_1}$$

$$\therefore Z_{Ra} = Z_{Ae} + \left(\frac{I_1 + I_2}{I_1}\right) Z_f$$

$$Z_{Ra} = Z_{Ae} + \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) Z_f$$

impedance seen by The relay.

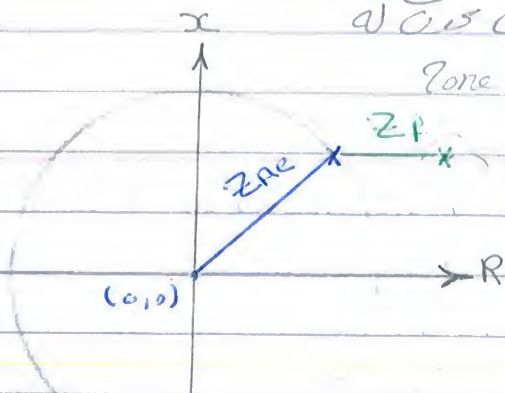
I_1 ⟶ Relay Current

I_2 ⟶ infeed current

يعني الـ fault بالنظر لـ Relay location

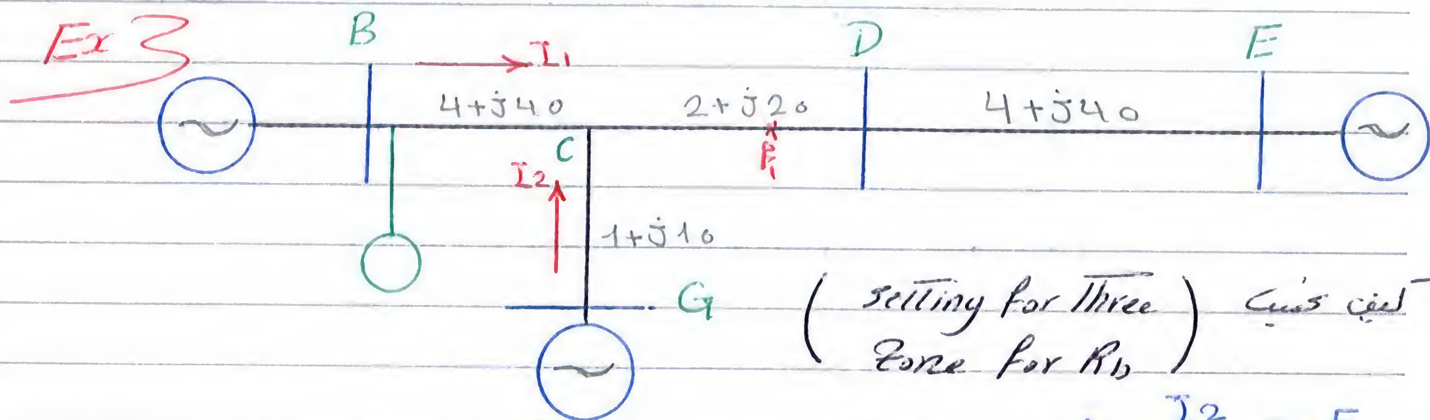
Infeed Ratio $= \frac{I_2}{I_1}$ (المفروض ان الريلاي يشوف (Z_{Ae} فقط)

والمفروض ان Z_{Ae} على الـ locus الـ setting وجهاز الريلاي يرى كل ده ($Z_{Ae} + Z_f$) وبالتالي سيقف عن الـ zone (under reach) أي الـ fault برا في الـ zone الخاص به وصولا اليراه.



نقطة التشغيل الجديدة "new operating point"

Ex 3



كيف نحسب (setting for Three Zone for R_b)

$\therefore \frac{I_2}{I_1} = 0.5$

Zone ① This must be set equal to (85%) of the smaller of the two impedance between buses (B & D), and (B & G)

$$\text{loop } (B \& D) = 4 + j40 + 2 + j20 = 6 + j60\ \Omega$$
$$\text{loop } (B \& G) = 4 + j40 + 1 + j10 = 5 + j50\ \Omega$$

$$\text{loop}(B \& D) > \text{loop}(B \& G)$$

$$\text{Zone ①} = 0.85\,(5 + j50) = 4.25 + j42.5\ \Omega$$

Zone ② This is set equal to (120% → 150%) of the longer of the two impedance between Buses (B & D ; B & G)

$$Zone\ ② = (1.2 \text{ or } 1.5)\left[Z_{BC} + \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) Z_{CD}\right]$$

$$= 1.2\left[4 + j40 + 1.5\,(2 + j20)\right]$$

$$Zone\ ② = 8.4 + j84\ \Omega$$

Zone ③ Assume That line (D-E) is The only one needing back up by The relay (R_b)

The apparent impedance of The line (B-D) with The infeed is $(4 + j40 + 1.5(2 + j20)) = 7 + j70\ \Omega$. To This must be added (150%) of The impedance of line (D-E)

$$Zone\ ③ = (7 + j70) + \left[1.5 * \left(1 + \frac{I_2}{I_1}\right) * (4 + j40)\right]$$

0.5

$$= 7 + j70 + \left[1.5 * 1.5 * (4 + j40)\right]$$

$$Zone\ ③ = 16 + j160\ \Omega$$

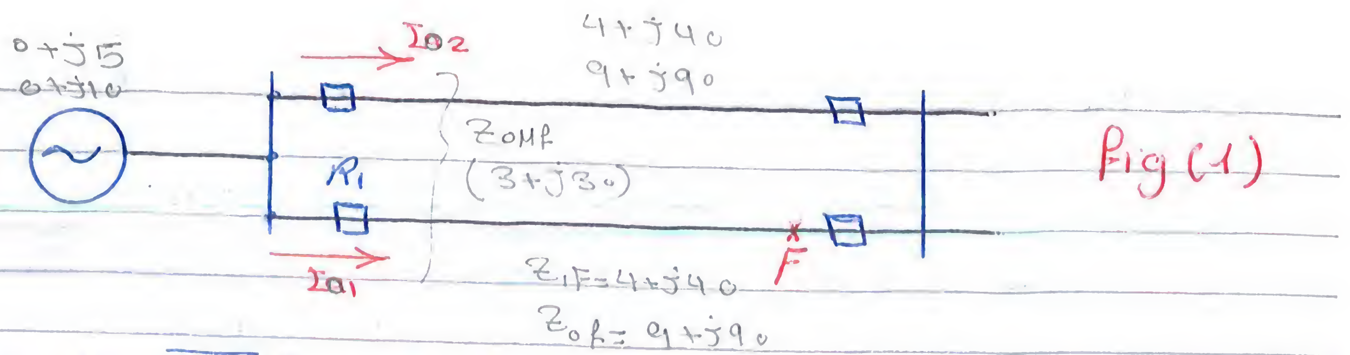
Factors affecting The 21 Relays performance.

① Mutual coupling between parrallel. .

Transmission lines That are on The same Tower, or paralleled along The same right-of-way, The difficulty stems from The fact That The lines are mutualy Coupled in Thire zero-sequence Circuit, The small amount of negative and positive sequence mutual coupling Can usually be neglected.

The zero sequence Coupling Causes an error in The apparent impedance as Calculated by This equation

$$E_a = Z_{1L} * I_a'$$



Consider the fault at F on the one of two mutually coupled lines as shown in the Fig (1), for a phase a to Ground fault, the symmetrical component voltage at Relay location R_1 are Given by the next equation.

$V_{af_1} = V_{1r} - I_{a1} \cdot Z_{1f}$ where $(Z_1 = Z_2)$

$V_{af_2} = V_{2r} - I_{a2} \cdot Z_{1f}$

$V_{af_0} = V_{0r} - I_{a0_1} \cdot Z_{0f} - I_{02} \cdot Z_{0Mf}$

I_{01} & I_{02} ⟹ are the Zero sequence current in lines ① & ②

Z_{0Mf} ⟶ is the Zero sequence mutual impedance in the faulted portion of the Transmission line.

The voltage of phase a at the fault point can be set equal to Zero.

$$\therefore E_{af} = V_{af} = V_{af_1} + V_{af_2} + V_{af_0}$$

$$\therefore V_{af} = \underbrace{(V_{1r} + V_{2r} + V_{0r})}_{V_a} - Z_{1f}(I_{a1} + I_{a2}) - Z_{0f} \cdot I_{01} - Z_{0Mf} \cdot I_{02}$$

$$\therefore V_{af} = V_{ar} - Z_{1f}(I_{a1} + I_{a2}) - Z_{0f} \cdot I_{01} - Z_{0Mf} \cdot I_{02}$$

$$\therefore I_a = I_{a1} + I_{a2} + I_{a0} \Rightarrow (I_{a1} + I_{a2}) = I_a - I_{a0}$$

$$V_{af} = V_{ar} - Z_{1f}(I_a - I_{a0}) - Z_{0f} \cdot I_{01} - Z_{0Mf} \cdot I_{02} = 0$$

$$V_{af} = V_{ar} - I_a \cdot Z_{1f} + I_{a0} \cdot Z_{1f} - I_{01} \cdot Z_{0f_1} - I_{02} \cdot Z_{0Mf} = 0$$

$$\therefore V_{af} = V_{ar} - Z_{1f} \cdot I_a - I_{01}(Z_{0f_1} - Z_{1f}) - I_{02} \cdot Z_{0Mf} = 0$$

$$\therefore I_a' = I_a + \frac{Z_0 - Z_1}{Z_1} I_0 = I_a + m I_0$$

because There are Mutual Coupling between two line
I_a' become.

$$\therefore I_a' = I_a + m I_{01} + \frac{Z_{0Mf}}{Z_{1f}} I_{02}$$

(m')

$$\therefore I_a' = I_a + m I_{01} + m' I_{02}$$

IT should be noted That The current from a parallel circuit must be made available To The Relay, if it's To operate correctly for a ground fault, This can be accomplished if The mutually Coupled lines are connected To The same bus in The substation, if The two lines Terminate at different buses. This wouldn't be possible, and in That case, one must accept The error in The operation of The ground distance function.

$$\therefore E_a = I_a' \cdot Z_{1f}$$

$$\therefore Z_1 = \frac{E_a}{I_{a1}}$$ ⟹ The impedance To The fault point.

② Relay characteristic and loadability.

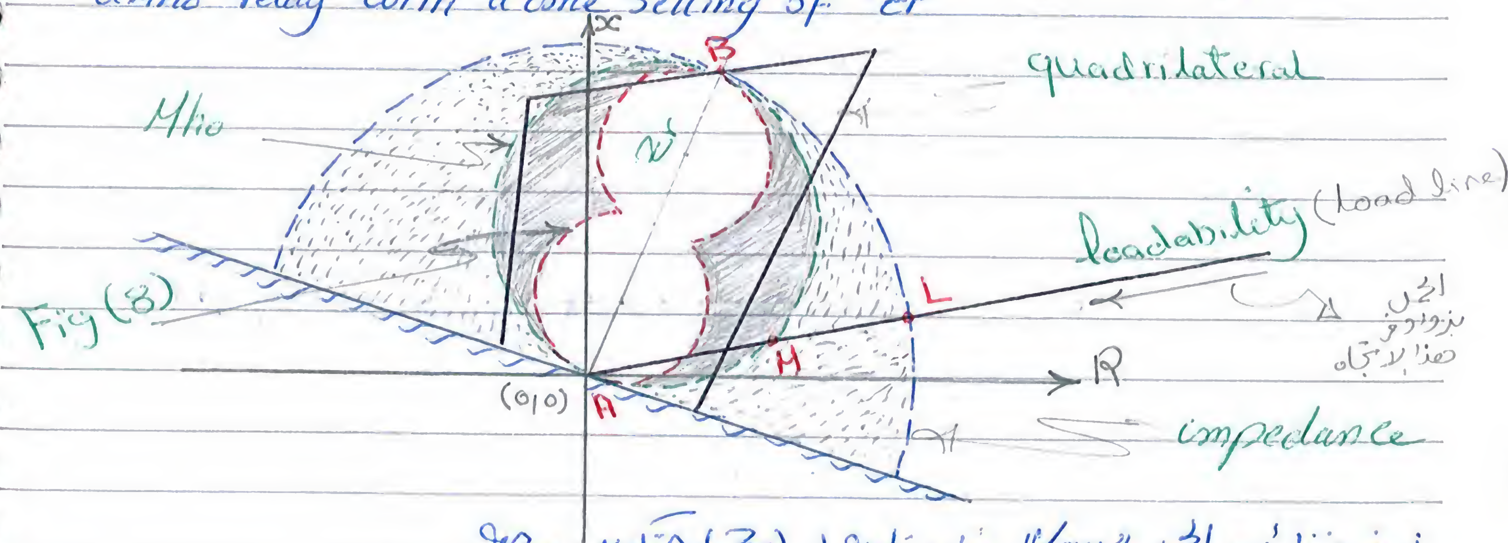
The loadability of relays.

المقصود بالعنوان هو علاقة الريليه بالحمل الموجود بالشبكة

The apparent impedance seen by a relay as the load on the line changes., As the load on a transmission line increases the apparent impedance locus approaches the origin of the R-x diagram. For some value of line loading, the apparent impedance will cross into a zone of protection of relay is on ... and Relay will Trip.

كلما زاد الحمل على خط (T.L) كلما اقترب ال apparent impedance من نقطة الأصل ده الـ impedance على منحنى (R-x) وعند قيم معينة للحمل تدخل قيمة ال impedance في نطاقات عمل الريلاي ويعمل نظير الخطأ ويعني (mal operate).

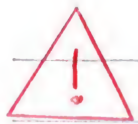
* Consider the cks of a directional impedance relay and a Mho relay with a zone setting of Zr



لو فرضنا أن الحمل "lag" فإن زاوية ال (Zr) هتكون موجبة

⊕ كلما الحمل زاد كل ما ال "impedance seen by relay" تقل وبالتالي شكل الـ "impedance cks" هذه الخواص تحت سر (A - L) فلو الحمل زاد فإن الريلاي ممكن يعمل mal operate يعني بدون وجود Fault وسوف يعمل غالبًا الذي من المفروض الا يعمل فيه وبالتالي تختار cks أخرى بحيث لا تتأثر بالزيادة في الحمل (Mho cks)

⚠ الحمل الذي يعمل عنده الريلاي هو ال "loadability" أي سمي بهذا الاسم.



إن loadability تعتمد على cks Relay يعني إن Mho ليشيل حمل
بزيادة عدد impedance وهذا وكذلك quadrilateral الأكبر
من الـ Mho وكذلك Fig(8) ليشيل أكبر quadrilateral.

$\therefore S = 3\,V_{ph} \cdot I_{ph}$

$\therefore Z_r = \dfrac{V_{ph}}{I_{ph}}$ → Apparent impedance seen by The relay.

$$\therefore Z_r = \frac{3\,V_{ph}}{3\,I_{ph}} \cdot \frac{V_{ph}}{V_{ph}} = \frac{\sqrt{3}\,V_{ph}}{\sqrt{3}\,I_{ph}} \cdot \frac{\sqrt{3}\,V_{ph}}{\sqrt{3}\,V_{ph}}$$

$$\therefore Z_r = \frac{V_{L.L}^2}{VA} = \frac{V_{L.L}^2}{S_{load}}$$ → MVA

$$\therefore S_{load}\Big|_{impedance} = \frac{3\,V_{ph}^2}{Z_p}$$

$\therefore Z_p$ is → primary impedance.

$$\therefore S_{load}\Big|_{\text{impedance Relay}} = \frac{3\,V_{ph}^2 * n_c}{Z_r * n_v}$$

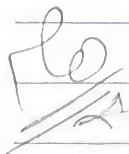
n_c → C.T's Ratio
n_v → V.T's Ratio

$$\therefore S_{load,\,Mho} = \frac{3\,V_{ph}^2}{Z_r \cos(\theta + \phi)} * \frac{n_c}{n_v} \quad MVA$$

Zone one ← Z_r

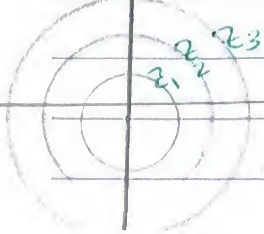
$\therefore Z_p = Z_r * \cos(\theta + \phi_{load})$ lag p.f

max. Torque line angle ← θ



$\therefore Z_p = Z_r * \cos(\theta - \phi_{load})$ lead p.f

$$\therefore S_{load}\Big|_{Mho} = \frac{3\,V_{ph}}{\text{Zone one} * \cos(\theta \pm \phi_{load})} * \frac{n_c}{n_v}$$



loadability of $Z_3 < Z_2 < Z_1$

Zone ③ load ability being The smallest.

Ex. Zone one Setting $= 1.17 + j\,8.8$
$= 8.917 \angle 82.46$
$\therefore n_c = 100$ & $n_v = 288.6$
$V_{ph} = 20\,kV$
what's The load ability for impedance and Mho Relay ?

The load ability of impedance relay will be.

$$\therefore S_{Load}\Big|_{impedance} = \frac{3 V_{ph}^2 \, n_c}{Z_1 * n_v}$$

$$\therefore S_{Load} = \frac{3 * 20^2 * 100}{8.917 * 288.6} = 46.63\ MVA$$

$$S_{load}\Big|_{Mho} = \frac{3 * 20^2 * 100}{8.917 * 288.6 \cos(\theta + \phi_{Load})}$$

P.F $= .8$ lag

$\cos\phi = .8 \implies \phi = \cos^{-1}(.8) = -36.63^\circ$

The angle of line impedance $\theta = 82.46^\circ$

$$S_{load}\Big|_{Mho} = \frac{3 * 20^2 * 100}{8.917 * 288.6 \cos(82.46 - 36.63)}$$

$$S_{load}\Big|_{Mho} = 66.63\ MVA$$

load ability of impedance < Mho ok.

ch.7: Rotating Machinery protection

** ~~~~~~~~ ** ~~~~~~~~ **

في هذا الباب سيتم حماية كل من المولدات والمحركات (الأجزاء أو الآلات الدوارة)

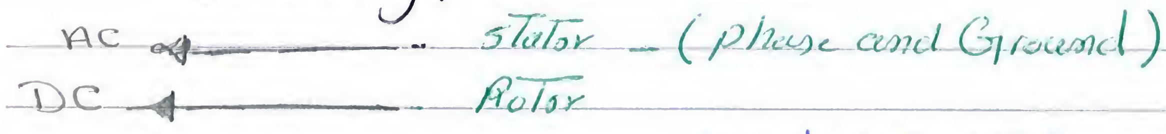
The protection of rotating equipment involves the considration of more possible failures or abnormal operating condition than any other system element.

Those failures involving short circuit are usually detected by some type of differential or over current Relay, many failure are mechanical in nature and use mechanical devices such as limit, pressure or float switches, or depend upon the control circuit for removing the problem.

هذه الأعطال تشمل (S.C) والذي يتم الإحساس به وإزالته عن طريق (D.F) أو (O.C)
ومعظم الأعطال تكون ميكانيكية بطبيعتها واستخدام الأجزاء الميكانيكية مثل
(pressure limit switch) و floating تعتمد على دوائر الكنترول في إزالة تلك المشاكل

Some of abnormal conditions that must be dealt with are.

① winding fault.



هذه المولدات والمحركات تتعرض إلى الأعطال

② over load.
③ over speed.
④ abnormal voltage and frequencies

and for generator we must consider.

⑤ under excitation.
⑥ Motoring and start up.

(induction motor) مع (under voltage Relay) لابد استخدام (معلومات)

لـ air Conditioner

(2)

And for motors we are concerned with.

⑦ stalling (locked rotor)
⑧ single phase
⑨ loss of Excitation (synchronous motor)

synchronous فوائد (Induction & synchronous motor) لـ يزيد



AC ← stator يتم تغذيته
DC ← rotor

في induction motor يتم تغذيته
AC ← stator
Rotor ← يتم عمله على نفسه ولا يتم تغذيته بـ DC

Generator and Motors against phase fault in the stator

* ——— *** ——— *** ——— *

لابد معرفة abnormality التي تحدث في (Gen) أو (MoT) وأول شيء يتم حمايته هو stator.

7.2 Stator Faults.

→ phase fault protection.

For short circuit in the stator winding. it's standard practice to use differential protection on generators rated (1000 KVA) or higher and on motors rated (1500 HP) or larger or rated 5KV and above.

يتم حماية ملفات الجزء الثابت للمولدات والمحركات ضد الـ phase fault وذلك باستخدام الـ (differential Relay)

نص الـ Stander على أنه يتم استخدام الـ differential للمولدات والمحركات

(Δ or Y) (Δ or Y)

A — M ———— M

B — M ———— M

C — M ———— M

∴ for Generator, rating ≥ 1000KVA (1MVA)

. for Motors ≥ 1500 HP or ≥ 5KV

⚠ يختلف وضع محولات التيار الـ (C.T's) في المولد عن المحرك حيث أنه في حالة المولد يتم وضع الـ C.T's على أطراف المولد ولا يتم حماية الكابل الخارج منه إلى المحول

أما بالنسبة للمحرك فإن الـ differential يحمي المحرك وكذلك الكابل الخارج منه

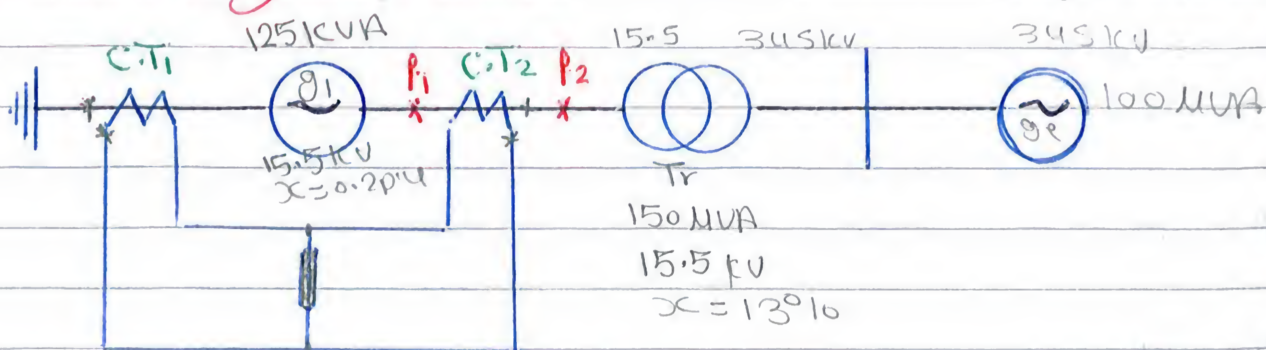
∴ In motor differential circuit, Three C.T's would be located with in The switchgear inorder to include The motor cables within The protection zone The other Three C.Ts are located in The neutral connection of The motor. six leads must be brought out of The motor ; Three on The incoming cable side to connect to The switching device and Three on The motor neutral to accommodate The C.Ts befor The neutral connection is made.

accommodate → تناسب

(ملحوظة) تم شرح الـ differential سابقاً. (ارجع للشابتر الثاني)

← رقم الـ differential Relay في ANSI standard هو (87) ويسمى بـ unit protection Relay أي يحمي Generator أو Transformer أو B.B أو بمعنى آخر يحمي أي معدة في defint poundary أي في منطقة محدودة.
لا يعمل في حالة الـ normal condition (load) ولا يعمل أيضاً في حالة الـ external fault . المفروض أنه يعمل في حالة (internal fault) فقط

Consider The system shown.



⊛ Designe The 87G relay and find out The Relay current for fault P1 & P2

① select C.T ratio :.

$$MVA|_{G} = \sqrt{3}\, V I$$

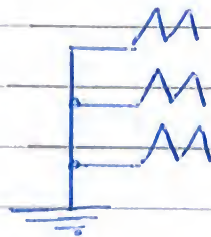
$$\therefore 125 \times 10^{3} = \sqrt{3} \times 15.5 \times I$$

$$\therefore I_p = 4656.05\,A \longrightarrow \text{Rated Current.}$$

select The C.T ratio To be $\frac{5000}{5} \Rightarrow n_c = 1000$

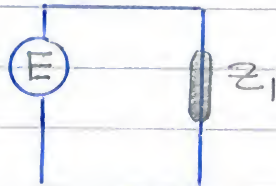
② connection of C.T's set.

select star Earthed connection



إذا لم يذكر نوع الـ fault نعتبره (3ϕ fault)

وبالتالي لا نظهر إلا الـ " +ve sequence only "

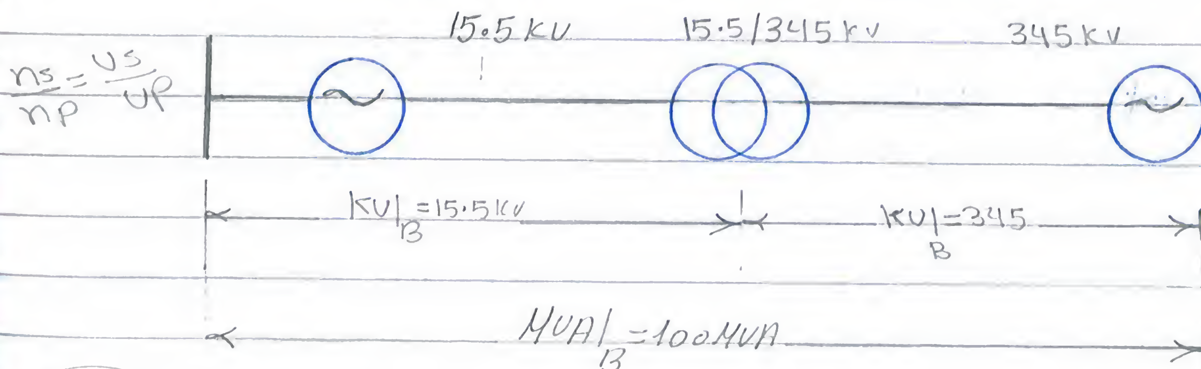


$\Longrightarrow$ N.P.₁

" per unit "

أولاً لابد من تحويل الشبكة إلى Bus واحد فقط

⊛ نختار الـ $MVA|_B$ للشبكة كلها والـ $KV|_B$ لكل قطاع لوحده



For Generator

$$x_{p.u}|_{new} = x_{p.u}|_{old} \times \frac{MVA|_{B.new}}{MVA|_{B.old}} \times \frac{(KV_B)^2_{old}}{KV_B^2|_{new}}$$

$$\therefore x_{p.u}|_{Gen} = \frac{0.2}{1} \times \frac{100}{125} \times \left(\frac{15.5}{15.5}\right)^2 = 0.16\ p.u$$

For Transformer

$$x_{p.u}\Big|_{new} = 0.13 * \frac{100}{150} * \left(\frac{345}{345}\right)^2$$

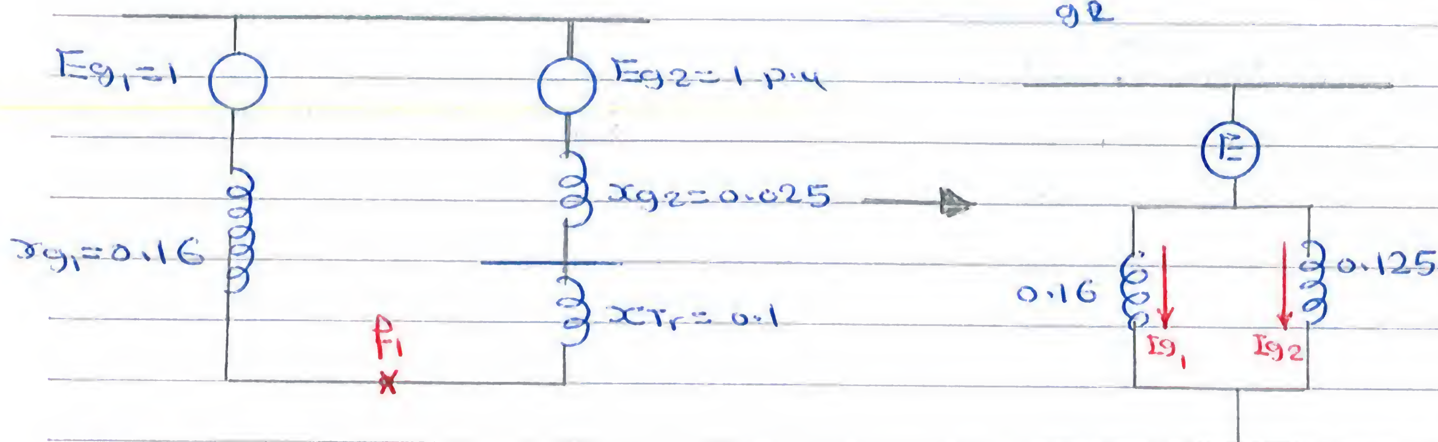
$$x_{p.u}\Big|_{Tr} = 0.1 \text{ p.u}$$

For system Generator

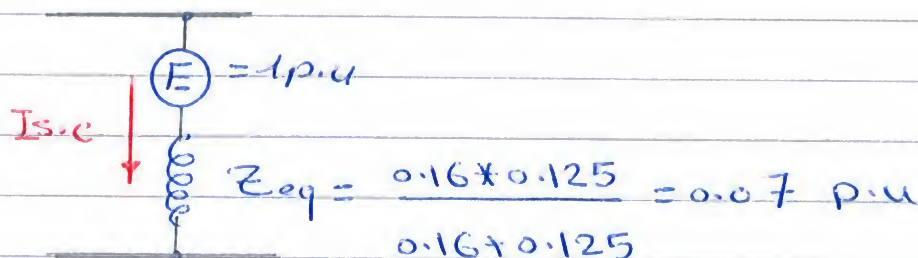
$$x_{p.u}\Big|_{\substack{system\\ g2}} = 0.025 * \frac{100}{100} * \left(\frac{345}{345}\right)^2$$

"+ve sequence"

$$\text{so } x_{p.u}\Big|_{g2} = 0.025 \text{ p.u}$$



That becoms.



$$Z_{eq} = \frac{0.16 * 0.125}{0.16 + 0.125} = 0.07 \text{ p.u}$$

$$\therefore I_{s.c}\Big|_{p.u} = \frac{E}{Z_{eq}} = \frac{1}{0.07} = 14.29 \text{ p.u}$$

$$\text{so } I_{s.c}\Big|_{p.u} = \frac{I_{actual\,(s.c)}}{I_{Base}}$$

$$\Rightarrow \text{so } I\Big|_{Base} = \frac{MVA|_B}{\sqrt{3}\, V_{Base}}\Bigg|_{\text{at location}}$$

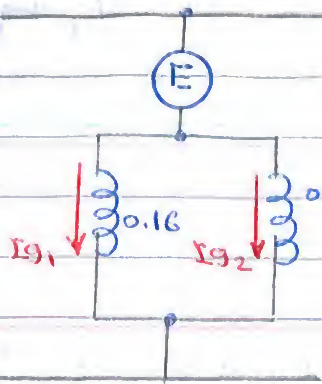
أنا لو أحسب عند G_1 نأخذ الـ base
($V = 15.5$ kV)

لو عاوز أحسب عند الجهة الأخرى نأخذ الـ base ـــه 345kV).

$$I_{base} = \frac{100 * 10^3}{\sqrt{3} * 15.5} = 3724.8 \text{ A}$$

$$I_{s.c}\Big|_{actual} = 14.29 * 3724.8 = 53.228 \text{ kA}$$

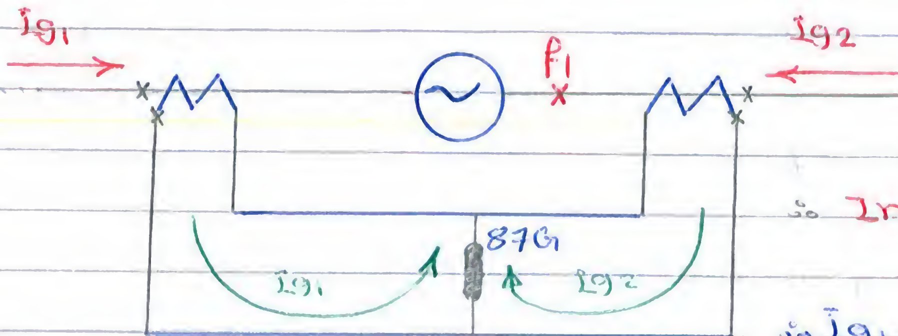
أخيراً



$\therefore I_{g1} = I \times$ المقاومة البعيدة / مجموع المقاومتين

$\therefore I_{g1} = 53.228 \times \frac{0.125}{0.125+0.16} = 23.34\ kA$

$\therefore I_{g2} = 53.228 \times \frac{0.16}{0.16+0.125} = 29.83\ kA$



$\therefore$ In Case of F_1

$\therefore I_{g1} = \frac{I_g}{n_c}$

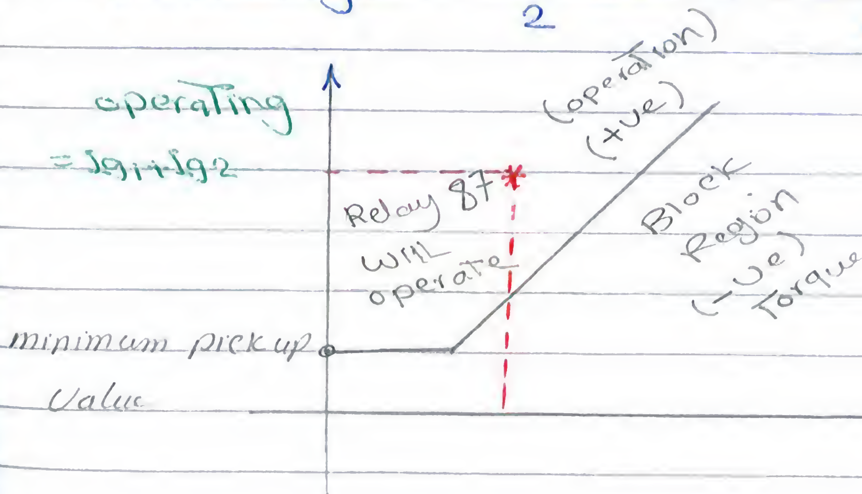
$\therefore I_{g1} = \frac{23.34\ kA}{1000} = 23.34\ Amp$

$I_{g2} = \frac{29.8\ kA}{1000} = 29.8\ Amp$

$\therefore I_{operating} = I_{g1} + I_{g2} = 23.34 + 29.8 = 53.2\ Amp.$

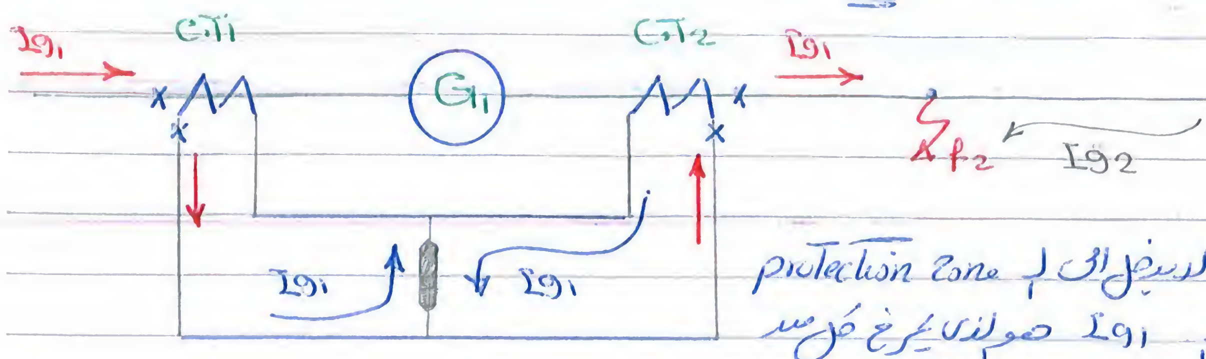
. short circuit current لأن إتجاه المركبة internal fault لا يعكس

$I_{restraining} = \frac{I_{g1} - I_{g2}}{2} = \frac{23.34 - 29.8}{2} = -3.21\ A$



In The Case of fault F_2

متوسم الدائرة لما تبدأ كانت كالتالي سعف تكون لا Fault ← F_2



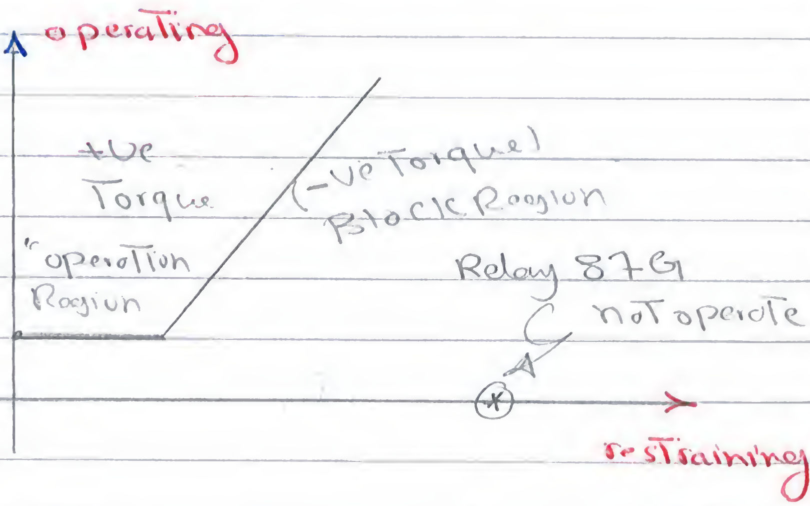
لتيار I_{g2} لا يدخل الى ل protection zone تيار ل I_{g1} هو الذي يخرج من C.T1 & C.T2 داخلي نجد

$I_{operating} = I_{g1} - I_{g1} = \text{Zero}.$

$I_{restraining} = \frac{I_{g1} + I_{g1}}{2} = 23.34\,A$

وبالتالي لمسير انه يأتي 87G لا يعمل في حالة external fault

"percentage differential Relay"



at high short circuit level difference in magnetizing Current may be equal The minimum pick up value and Relay become "mail operate"

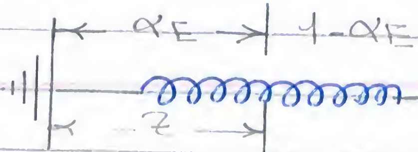
عيوبه

(1) unit protection
(2) fast Relay.

ميزاته

Ground fault protection.

∴ For Generator or motor stator. if we have 11 kv/ph consist of 11 Turns eachone (1 kv)

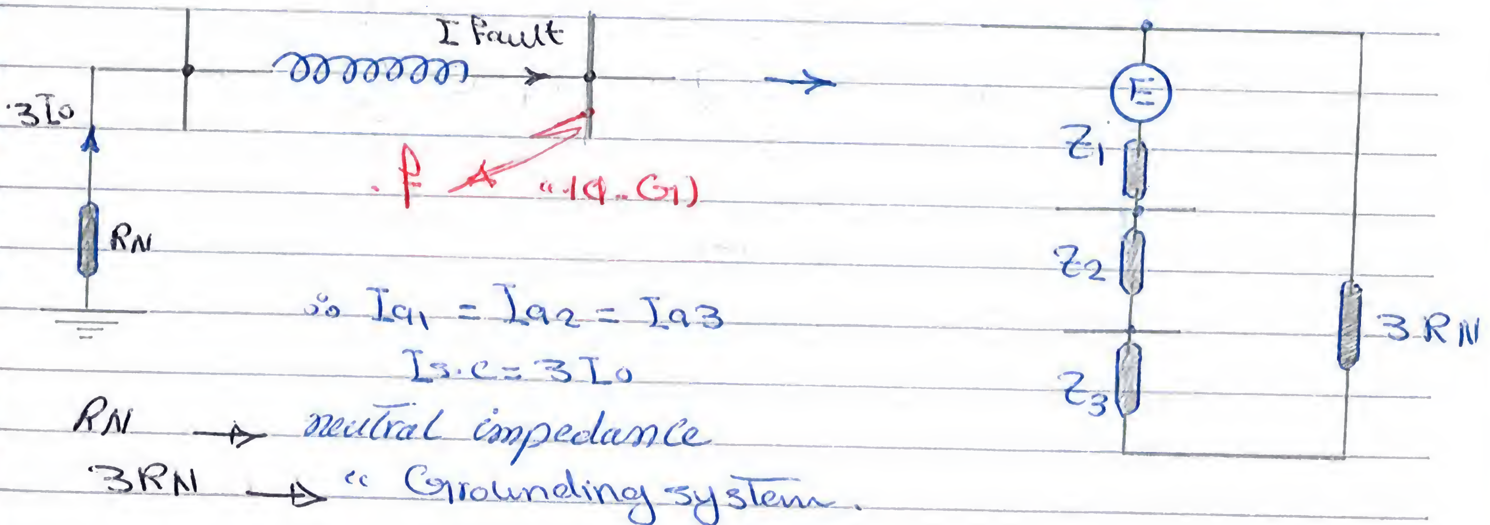


$$\therefore I_{s.c} = \frac{E * \alpha}{z}$$

نتيجة حدوث تلامس مع جسم المولد فإن النظام ليصبح غير متزن "+ve, -ve, zero"

∴ In Case of Ground fault we have Two problem

i) $I_{s.c}$ "short circuit current" inside the winding.
ii) Generator output voltage is unsymmetrical.



$$\therefore I_{a1} = I_{a2} = I_{a3}$$
$$I_{s.c} = 3I_0$$

RN → neutral impedance
3RN → " Grounding system.

كلما كانت لـ RN كبيرة كلما قل تيار الـ S.C أي تيار الـ short circuit يتوقف على طريقة تأريض المولد. وفيما لـ RN لا حد معين حيث لو زادت عن هذا الحد المسموح به فإن $I_{s.c}$ تقل بحيث يصبح أقل من الـ setting وبالتالي سوف لن يشعر الـ fault في الشبكة وتتسبب في حدوث مشاكل كبيرة في النظام

Types of Grounding.

1. Solidly Earthed — RN = 0 ⇒ $I_{s.c} >>>$
2. low Earthed — RN — $I_{s.c} = I_{F.L}$
3. Medium Earthed — RN → $I_{s.c} = (100 \rightarrow 200)$ A
4. High Earthed impedance "RN" → $I_{s.c} = [10 \rightarrow 50]$ A

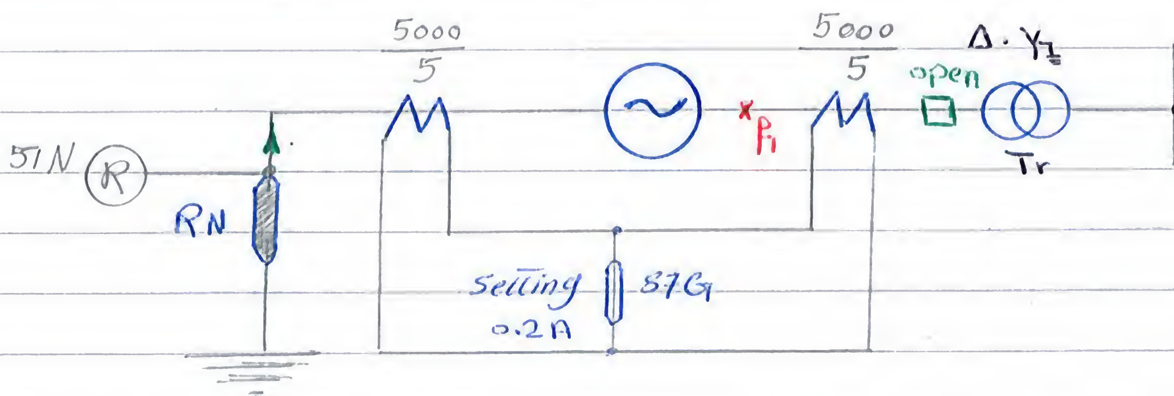
← أنا عندي الـ setting للريلاي في الثانوي هو 0.2A إلى 0.4A وبالتالي
أنا عايز في الابتدائي تيار بحيث يكون أعلى من الـ setting عند تحويله في الثانوي

∴ if we use low earthed resistor ∴ $I_{S.C} = I_{F.L} = 5000A$

$$\therefore I_{sec} = \frac{5000}{1000_{\,nc}} = 5\,A$$

Example ⟹ Generator Rating 125 MVA, 15.5 kV and $x''_d = x_2 = 0.2\,p.u$ and $x_0 = 0.03$

$$nc = \frac{5000}{5}$$

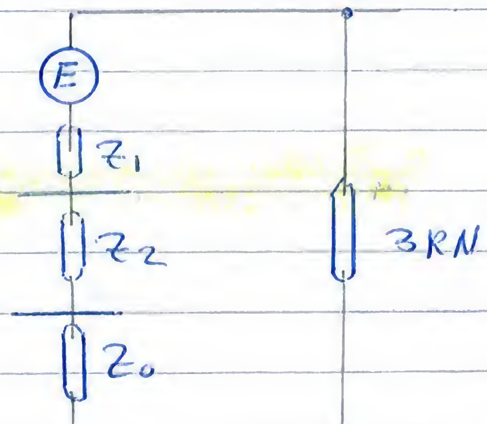


∴ $R_N = (0\Omega \;\&\; 1\Omega \;\&\; 10\Omega \;\&\; 20\Omega)$

Calculate the s.c current when the fault occure (f_1)

⟹ For studing (1-G) fault (+ve & -ve & zero) sequence circuits must be drawn.

$$\therefore I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{E}{Z_1 + Z_2 + Z_0 + 3R_N}$$



For $R_N = 0$

$$\therefore I_{a0} = \frac{1}{0.2 + 0.1 + 0.03 + zero}$$

$\therefore I_{a0} = 2.33$ p.u $\Rightarrow I_{s.c} = 3I_0 = 3 * 2.33$

$\therefore I_{s.c} = 6.99$ p.u

$\therefore I_{s.c}\Big|_{p.u} = \dfrac{I_{s.c}|_{actual}}{I\ |_{Base}}$

$\therefore I_{s.c}|_{actual} = I_{s.c}|_{p.u} * I\ |_{Base}$

$\therefore I\ |_{Base} = \dfrac{MVA|_{Base}}{\sqrt{3}\ KV\ )_{Bas}}$ at the location.

$\therefore I_{Base} = \dfrac{125 * 10^6}{\sqrt{3} * 15.5 * 10^3} = 4656.1\ A = 4.6561\ KA$

$\therefore I_{s.c}\Big|_{actual} = 6.99 * 4.6561 = 32.54\ KA$

⚠ short circuit current is very large when (R_N = zero)

$\therefore$ First we will design Current Transformer (C.T's)

$\therefore$

$I_{rated} = \dfrac{125 * 10^6}{\sqrt{3} * 15.5 * 10^3} = 4656.1\ A$

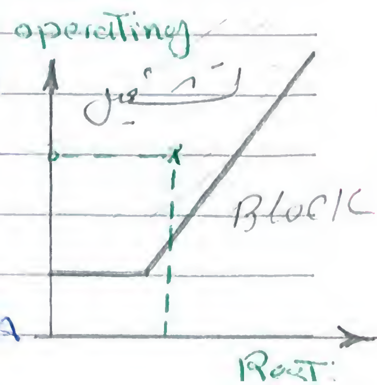
select CT Ratio $= \dfrac{5000}{5} = 1000$

$\therefore$ when Transformer C.B is open $I_{sys} = 0$

$\therefore i_1 = \dfrac{I_{s.c}}{n_c} = \dfrac{32.54\ KA}{1000} = 32.54\ A$

$\therefore$ is sufficient to reliably operate on ground fault. $\therefore I_{operate} = i_1 = 32.5A$

$I_{rest} = \dfrac{I_1 + I_2}{2} = \dfrac{32.5 + 0}{2} = 16.25A$



Case [2] for $R_N = 4\,\Omega$ (per unit ← تحويل)

$$\therefore Z_n|_{p.u} = \frac{Z_n\,\Omega}{Z_n|_{base}} = \frac{Z_n(\Omega) * MVA)_b}{(KV)_b^2}$$

$$\therefore Z_n|_{p.u} = 4 * \frac{125*10^6}{(15.5)^2} = 0.52\ p.u.$$

$$\therefore I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{jE}{j(x_1+x_2+x_0)+3R_N}$$

$$\therefore I_{a0} = \frac{1\angle 90^\circ}{j0.43+3*0.52} = 0.617\angle 74.58^\circ$$

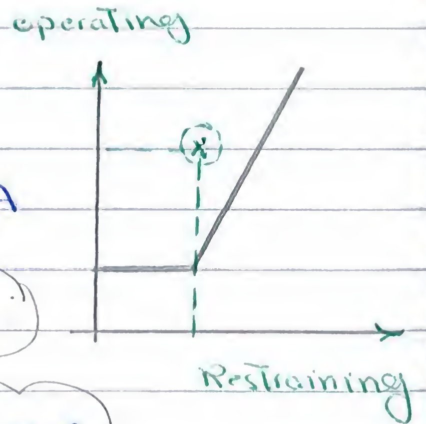
$$\therefore I_g = I_{s.c}|_{p.u} = 3I_{a0} = 1.851\ p.u.$$

$\therefore I_{base} = 4656.1$ A

$\therefore I_{s.c} = 1.851 * 4656.1 = 8618$ A

$$\therefore I_{operating} = \frac{8618}{1000} = 8.618\ A$$

$$\therefore I_{rest} = \frac{I_2+0}{2} = \frac{8.618}{2} = 4.3\ A$$



Case [3] $R_N = 10\,\Omega$

$\therefore R_N|_{p.u} = 10 * 0.52 = 5.2\ p.u$

$$\therefore I_{a0} = I_{a1} = I_{a2} = \frac{1\angle 90^\circ}{3*5.2+j0.43} = 0.06\angle 88.4^\circ$$

$\therefore I_g = I_{sc}|_{p.u} = 0.18\ p.u$ (3 * 0.06)

$I_{base} = 4656.1$ A

$\therefore I_{s.c} = I_g = 0.18 * 4656.1 = 838$ Amp

$$\therefore i_1 = \frac{I_{s.c}}{n_c} = \frac{838}{1000} = 0.838\ A$$

Note That The setting is $(0.2 \rightarrow 0.4)$ Amp.

. The neutral Relay Current is sufficient To make a good relay setting.

Motor protection

حماية المحرك

* ——— *

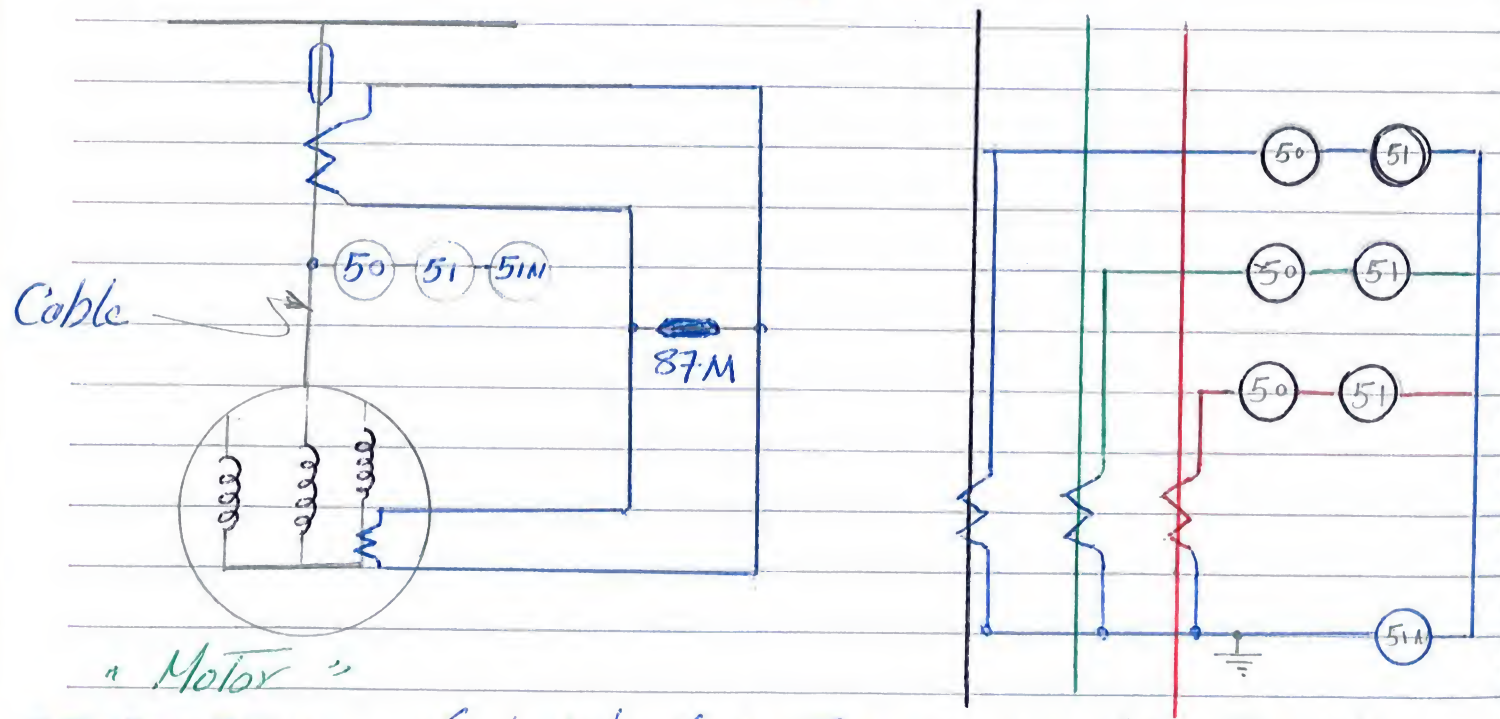
Motor stator protection

* ——— ** ——— *

من المعروف أن حماية المحرك تختلف عن حماية المولد وذلك لأن المحرك يأخذ "Electrical power" ويعطي "mechanical power" أما بالنسبة للمولد فهو يقوم بعمل العكس.

⇒ For the motor (1500 HP _ 5KV) the main protection is differential O.C Relay (87M). and the Backup protection as:-

i) instantenous O.C.R 50
ii) time delay O.C.R 51
iii) neutral time delay O.C.R 51N



" Motor "

. المشكلة لسبب ما تصميم الـ 87M وكذلك المشكلة كلها عند تصميم "50 & 51 & 51N"

تكون المحرك خطر لبيئة في حالة السكون "stand still" تبقى المحرك كأنه كان محول

rotor → standstill

ساكن

ستسحب المحرك تيار عالي جداً "I starting" تصل إلى "10 Fl" والظاهر على هذا التيار ← "rotor locked Current" ويقل هذا التيار تدريجياً مع زيادة السرعة وبعد انتهاء الـ starting time فإن المحرك يسحب تياره العادي وهذه الظاهرة لا تحدث إلا مع المحرك فقط وليس مع المولد لأنه ليس له starting عليه

لا ⚠ differential Relay » 87M « لا الشعر بزا التيار لان التيار المار في winding تكون واحد وبالتالي (IR=0) .
وكذلك » 51R « لا تشعر بزا التيار لان تيار كبير وبالتالي زي ما عند التصميم أمر شيء بـ Time delay لهذا الريلاي حيث تحدث starting دون ان يعمل الريلاي .

51 relay for Motor stator protection

* C.T Ratio

عند تصميم الـ C.T ratio نحتاج الى معرفة الـ max. permissible load Current وهنا التيار يمر في C.T. primary winding

∴ Max. permissible load Current = Primary Current of C.T

∴ * we should select the nearest standerd.

∴ Pick up Current of 51 relay.

$$I_{pickup} = (1.25 \rightarrow 1.5)\, I_{max}\big|_{load} \quad \text{(primary)}$$

$$\left(I_{pickup}\right)_{\text{As. secondary}} = I_{pickup}\big|_{primary} \times \frac{1}{n_c}$$

وذلك للتغلب على قوى الاحتكاك وكذلك التلوث الذي على contact "Contamination on contact"

Time dial setting "dialing"

منحنى خصائص cks الذي يعمل عليه الريلاي .

To evaluate the time dial Curve we have to follow:

∴ $I_{starting} = I_{locked\ rotor}$ say $= 1604\,A$

$\Rightarrow$ As a secondary $= \dfrac{1604}{n_c} = \text{-----}$ Amp.

$\Rightarrow$

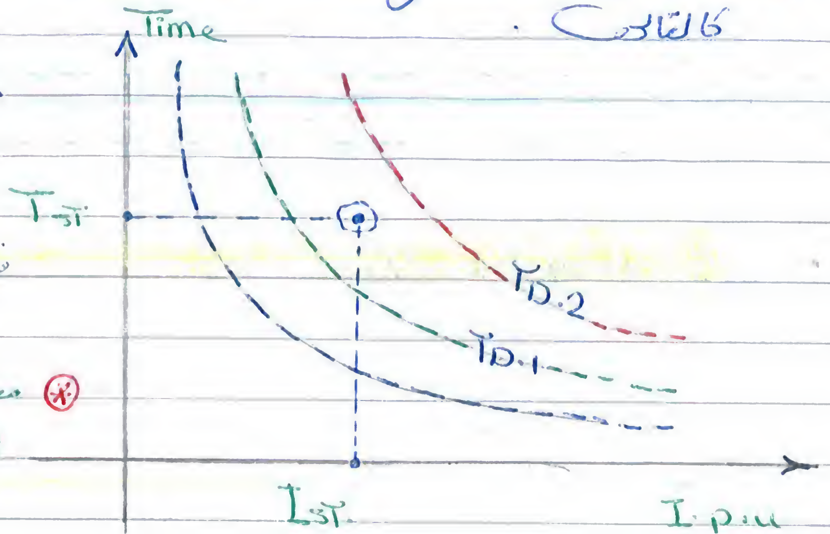
$\Rightarrow$ As. per unit $= \dfrac{I_{st\,(sec)}}{I_{pickup}} = \text{-----}$ Amp p.u

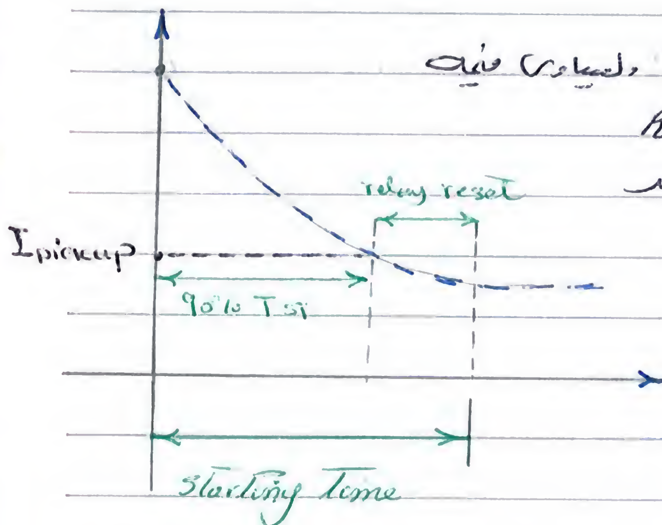
- Time dial Curve يتم تحديد موقعها بالتالي starting Time وكذلك بيدل كالتالي.

نلاحظ من الرسم أن المنحنى المتقطع يقع TD.2 < TD.1 بالتالي

بنختار ال TD Curve 2.

(*) مشان ال pickup مع تيار ال starting عند ال 90% من الزمن





بمجرد أن يقل تيار البدء "starting current" ليساوي قيمة ال pick up يبدأ بعدها الريلاي في عمل Reset وذلك تصميم الريلاي (51) لا يعمل عند starting رغم أن التيار عالي جداً في البداية

* For instantenous over current Relay (O.C.R. 50).

*~~~~~~~~~~~~~~~~ *** ~~~~~~~~~~~~~~~~*

∴ we put ⟹ $I_{pickup} \geq 1.7\ I_{starting}$

$$\therefore \quad \frac{I_{pickup}}{I_{starting}} \geq 1.7$$

وذلك لضمان عدم عمله خلال فترة ال starting.

واذا وجدت أن نسبة ال pickup الى ال starting "1.7" فإن الريلاي سوف يعمل

when. $\frac{I_{pickup}}{I_{starting}} < 1.7$ ⟹ The (50) Relay will not operate.

∴ $I_{pickup} > I_{s.c.min}$

طالما كانت النسبة أقل من (1.7) فإن الريلاي O.C.R (50) لا يعمل ويكون المسئول عن إزالة الـ fault الحادث في هذه الحالة هو R (87) فإذا كان غير موجود يكون المسئول عنه هو الريلاي (51 R) ← O.C with time delay.

ولكن هنا " time delay " قد يؤدي إلى تدمير المحرك خلال فترة وجود الـ fault وتلفه

⚠ إذا كان المحرك لا يحقق شرط استخدام (87 Relay) وهو (1500 HP → 5 kV) ووجد أن $\frac{I_{pickup}}{I_{ST}} < 1.7$ أو $(I_{pickup} > I_{s.c\,min})$

فلابد من استخدام (87 " relay) لحماية المحرك رغم عدم تحقيق شرط استخدامه

⇒ for (50) Relay setting

∴ C.T ratio of (50) Relay = C.T ratio of (51) Relay

∴ Pickup setting ≥ 1.7 I locked rotor

⇒ if the motor rating fillfully the IEC standard

That ⇒ (Motor rating ≥ 1500 HP , 5 kV) The motor is protected by differential Relay (87) as a main protection.

⇒ if the rating is less, you have to check for minimum phase fault current.

(If) ∴ minimum short circuit current ≥ 1.7 locked rotor.

∴ Yes ⟶ no need for 87 Relay.

∴ No ⟶ (87) Relay should be applied to protect the motor along with (50 & 51 relays).

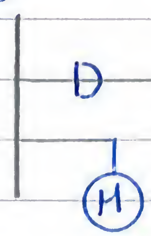
. Motor protection 51G or 51N relays.

* ~~~~ *** ~~~~ *

This relay for The ground fault condition setting.

$$\therefore I_{pickup\ value} = \left(\frac{1}{5} \longrightarrow \frac{1}{3}\right) I_{min\ (L-G\ fault)}$$

Time delay over CurrenT Relay. ← (51N) نلاحظ أن الريلاي المستخدم هو
رغم وجود S.C fault ويرجع السبب في ذلك إلى :- ...



fault

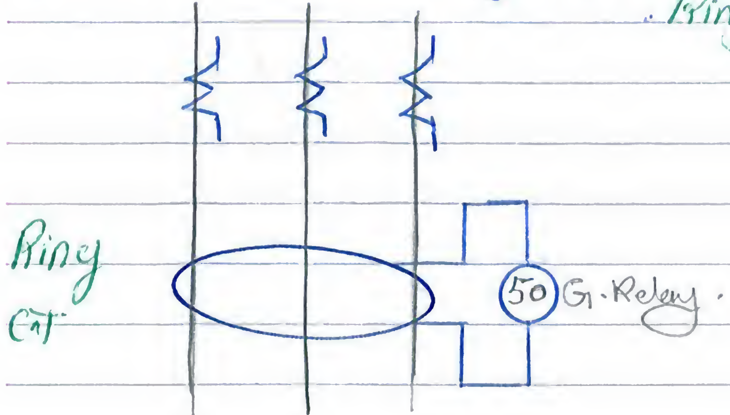
ان هنا المحرك مربوط بالشبكة وهذه الشبكة تتعرض للـ faults ومع وجود الـ fault تقل جهد المحرك ($T \alpha V^2$) وبالتالي تقل سرعة الموتور وعندما تقل السرعة يزداد الـ slip ← $\therefore S = \frac{\omega_s - \omega_r}{\omega_s}$

Where :-

ω_s → synchronous speed
ω_r → rotor speed.

وبزيادة الـ slip يزداد التيار المسحوب من الشبكة وبعد ازالة الـ fault يبدأ المحرك بالتسارع وبالتالي يبدأ التيار في التناقص إلى قيمته الطبيعية. وهذه الحالة تمثل كما لو كانت حالة starting والتيار المسحوب خلالها نسميه بالـ " inrush CurrenT " ولكن هذا التيار يكون أقل من تيار الـ Starting وذلك لان المحرك يعمل في حالة دوران وهنا التيار يكون غني بالـ " Harmonics & DC-offset " وبالتالي يمر تيار في ground time وبالتالي قد يعمل الريلاي على الـ in-rush CurrenT إذا كان الريلاي (50R).

(*) ← ولذلك نستخدم 51 Relay ولكن إذا كان وجود الـ Time delay يؤثر على المحرك فيتم استخدام 50 Relay مع Ring CT وذلك لتلاشي الـ in-rush



Rotor fault protection

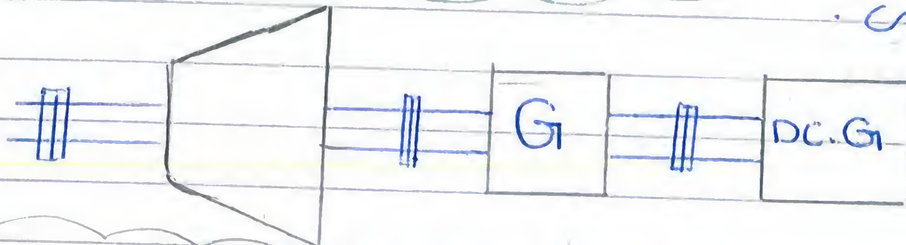
*** ***

synchronous M/C < Motor / Generator

بالنسبة للـ rotor يحتاج DC voltage ودهنا الـ DC يتم الحصول عليه بأي من الطرق الآتية

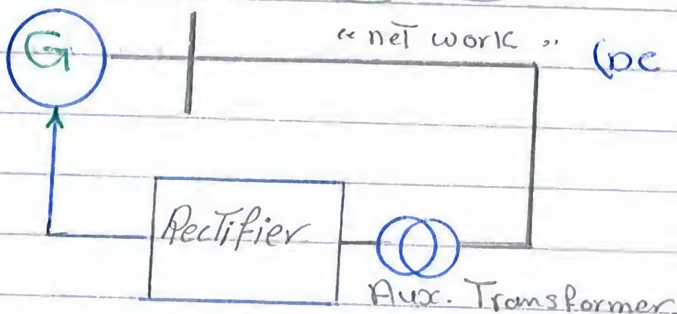
① Excitation from dc generator.

معناها تركيب DC generator على عمود الدوران للمولد الأساسي.



② Excitation from net work.

معناها يتم التغذية من الشبكة عن طريق محول مساعد (Aux. Transformer) ثم تكون هناك دائرة توحيد (DC ← AC) ويتم تغذية الـ rotor.

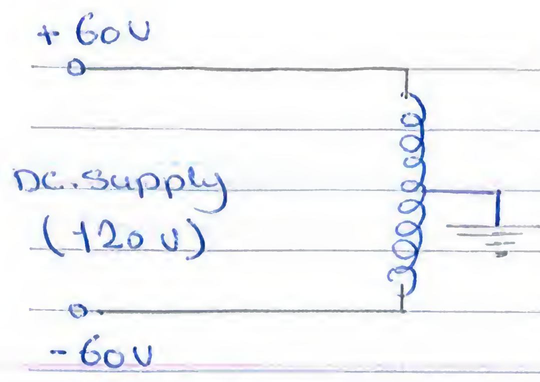


③ Solid static Excitation Method

معناها يتم استخدام "SCR bridge" مثبتة على الـ rotor ونغذيه من مصدر AC إما من خارج الآلة أو من خرج الآلة نفسها.

∴ The field circuit of modern motors and generators are operated ungrounded. There for a single ground on the field of a synchronous machine produces no immediate damaging effect.

دوائر الـ field السابق ذكرها لمستخدمة في الآلات التزامنية تكون غير مؤرضة وبناءً عليه فإنه عند حدوث fault واحد ← Single Earth فإنه لا يتواجد مسار للتيار وعليه فإنه لا يحدث أي تلف ولكن حدوث "اللفات" ولكن يحدث زيادة في الجهد عندها مما يؤدي ينشأ عندها stress ويحدث تشويه للمجال داخل الـ air gap مما يولد emf على الـ rotor وتتحرك تيارات دوامية (eddy current) في الـ core مما تؤدي إلى ارتفاع في درجة الحرارة للآلة مما قد يدمر اللفات.



وأيضاً ينتج تشوه المجال داخل الـ (Air gap
أي يصبح non uniform field غير متساوي
بالتالي فإن الـ Air gap تختلف عند نقطة
لأخرى مما يؤدي إلى حدوث Vibration
على الـ Shaft مما يؤثر بالتأكيد على الـ Bearing.

وعليه فإن الـ earth fault ينشأ عنه.

over heating ①
Vibration ②

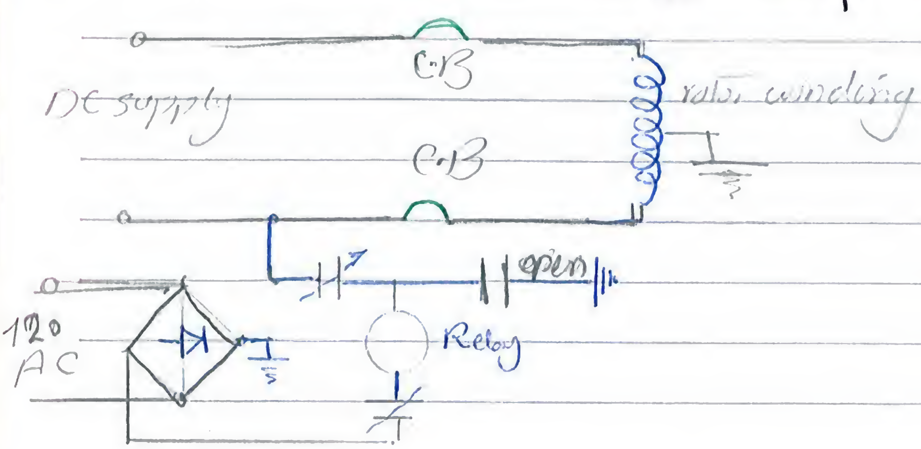
-1) The occurrence of second ground will cause severs unbalance, rotor iron heating and vibration. Most operating companies alarm on the indication of the first ground fault and prepare to remove the unit in an orderly shut down at the first opportunity.

ولتجنب المشكلة عند حدوث second ground فلابد من عمل Detection للـ fault.
ويتم ذلك بطريقتين.

Two commonly applied field ground detection schemes are as shown. The ground in the detecting circuit is permanently connected through the very high impedance of the relay and associated circuitry, if a ground should occur in the field winding or the buses and circuit breaker external to the rotor, the relay will pick up and actuate an alarm.

① AC Detection. *

وفيها يتم استخدام (AC. Voltage) ثم يتم توحيده عبر الـ " rectifier bridge " ثم حقنه مع دائرة الـ DC بالتوازي للـ rotor.



∴ AT Normal Condition → نجد أنه لا يمر تيار خ الريلاي نظراً لعدم وجود مسار له.

∴ During earth fault in rotor → سيتواجد مسار للتيار خلال الريلاي أي يمر خلال الريلاي ويعمل.

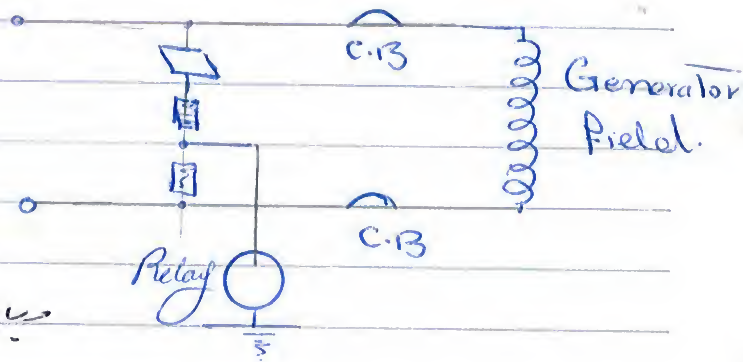
② DC. detection.

** ——— **

AT normal → $V_A = \text{Zero}$

⇒ During earth fault
$V_A \neq 0$

وبالتالي يصبح هناك فرق جهد على الريلاي ويعمل



علي فرحات   د/ جبر عبد السلام

Ch. 8 . Transformer protection.

Introduction :- The Transformer consider The one of The important element in Electrical network.

تعتبر المحولات من عنصر لزجاجه بالنسبة للشبكة الكهربية والذي من خلاله يتم نقل الـ power لكل فروع الشبكة وان غياب هذا العنصر يؤثر تأثيراً كبيراً على اداء الشبكة الكهربية.

Transformer faults ..ie. short circuits .. are The result of internal electrical faults, The most common one being The phas-to-ground fault. Somewhat less common are The Turn-To-Turn faults.

The physical extent of a Transformer. is limited To within a substation, and consquently differential relaying, The most desirable form of protection available Can be used To protect Transformer. In general, a transformer may be protected by fuses, over current relays, differential Relay, pressure relays, and Can be "monitord يُراقب" for incipient Trouble with The help of winding Temprature measurements, and chemical analysis of The gas above The insulating oil.

أولاً- كيف يتم حماية المحول وكيف يتم وضع الـ setting له ؟

The Types of protection for Transformer depends upon:

① Transformer size Rating.
② location and function.
③ Voltage.
④ Connection and design.

تعتمد نوع الحماية التي نستخدمها لحماية المحول على (size) لهذا المحول أي الـ rating له
أي كام (KVA).

← قبل البدء في التحدث عن هذه العوامل نقوم بالعرض نبذة مختصرة عن أنواع عزل المحولات.

توجد أربع طرق تستخدم لعزل المحولات وهي كالاتي.

① Dry Type Transformer. أي عزل هذا المحول عبارة عن الهواء الجاف (Dry) أو تستخدم الـ Resien وتستخدم هذه المحولات في التوزيع "Distribution Transformer." هذه المحولات لا تستخدم في أي مكان وتلك توضع في الأماكن التي نخشى أن يحدث بها حريق فقط.

② Air Transformer. أي يستخدم الهواء كعازل له.

③ Oil Transformer. وفيه توضع الملفات داخل خزان مملوء بالزيت ولكن فيه مشكلات خطيرة وهي مشكلة الرطوبة واشتعال المحول «يتنفس» أي يخرج (Co2) وبالتالي لابد من سحب هذه الرطوبة وتم ذلك بوضع ماسورة على جانب المحول عليها مادة تسمى بالـ "Silica gel" تقوم هذه المادة بسحب الرطوبة من المحول.

④ Sf6 Transformer. وفيها تم عزل المحول بالسادس فلوريد الكبريت وتصنع هذه المحولات في اليابان وتوضع في الأماكن التي يحدث بها حريق.

① Transformer SIZE ::

حماية المحولات تعتمد على الـ Rating لهذه المحولات أي تم وضع نظام الحماية "protection schemes" على أساس الـ Rating.

Transformer with capacity less than 2500 KVA are usually protect by fuses.

∴ Rating $\leq$ 2.5 MVA

Distribution Transformer. وهذه المحولات دائماً تكون محولات توزيع ويتم حماية هذه الأنواع باستخدام الفيوز "fuses"



∴ Transformer with rating between "2.5 MVA" and "5 MVA"
The Transformer may be protect with "fuses" but

instantanous and time delay over current relay may be more desirable from the stand point of sensitivity and coordination with protective relays on the high and low sides of Transformer.

⇒ $2.5\,MVA \leq$ Rating $\leq 5\,MVA$

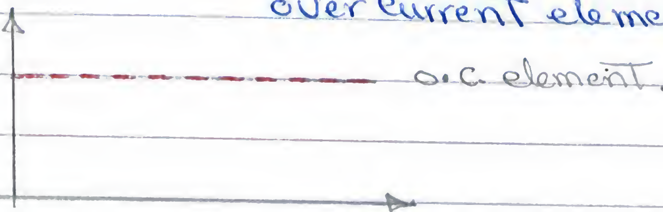
(fuses + O.C.R) يعني هنا ابنوع سر الحالات باستخدام

O.C.R (T.D O.C.R (51) or Inst O.C.R (50))

∴ Transformers with rating between "5 MVA" and "10 MVA" an induction disc over current relay connected in differential configuration is usually applied.

$5\,MVA \leq$ Rating $\leq 10\,MVA$

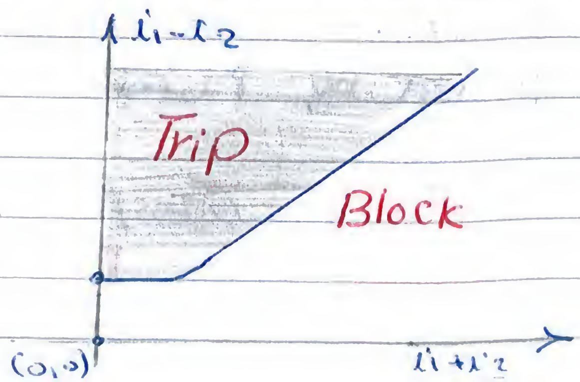
overCurrent + differential Relay with over current element. يعني هنا ابنوع باستخدام



∴ Transformer above "10 MVA", harmonic restraint percentage differential relay is recommended, pressure and temprature relay are also usually applied with This size Transformer.

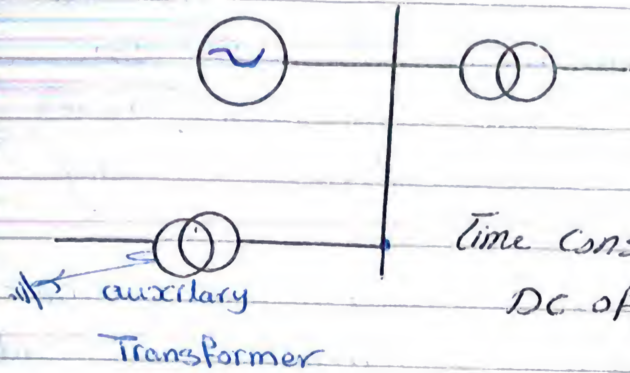
∴ Rating > 10 MVA

∴ use percentage differential Relay.



② Location and function.

نقصد بها الفوائد أهمية الشيء أو العنصر الذي تغذي المحول.



يعني لو حصل fault في Auxilary ايه اللي ممكن يحصل ؟

ال $\frac{X}{R}$ تكون كبيرة جداً وبالتالي ال time constant هيكون عالي جداً وبالتالي ال DC offset سوف يستمر في المشكلة مدة طويلة

∴ DC offset in the S.C current will high and stay along time.

وبالتالي لأهمية هذا المحول على الرغم من صغر ال Rating له إلا أننا نحتاج نختار أفضل جهاز حماية لهذا المحول.

يعني مثلاً محول ال Rating 2.5 MVA يتم وضع جهاز حماية له كمحول ال Rating له (500 MVA) مثلاً .

. Differential relay with harmonic restraint

③ Voltage.

Generally, the higher voltages demand the more sophisticated and costly protective devices, due to the deleterious effect of a delayed fault clearing on the system performance, and the high cost of transformer repair

للجهد أهمية كبيرة جداً في تحديد جهاز الحماية للمحول كل ما الجهد يزيد يعني انه محتاج اني يكون fast protection scheme .

Connection and Design.

ال connection المقصود بها طريقة توصيل الملفات للمحول

(Δ Y , Y Δ , Δ Δ -------)

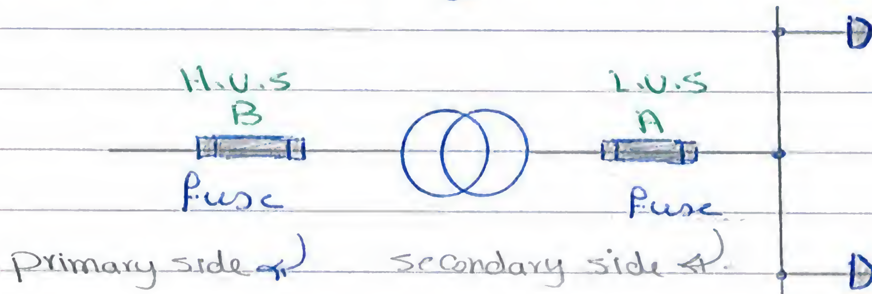
أما ال design المقصود بها أنواعه .

- auto Transformer
- 1φ or 3φ Transformer.

The protection schemes will vary considerably between auto transformers, and 2 or 3 winding transformers. The winding connection of a three phase transformer - whether delta or wye will make a difference in protection scheme chosen. Also important are the presence of tertiary winding, type of grounding used, tap changers, or phase shifting winding.

Over Current protection. protection for transformer can be provided by high-side fuses, instantaneous and time - delay over current relays, or differential relays.

protection with fuses. As mentioned earlier, fuses are not used to protect transformers with rating above 2.5 MVA.

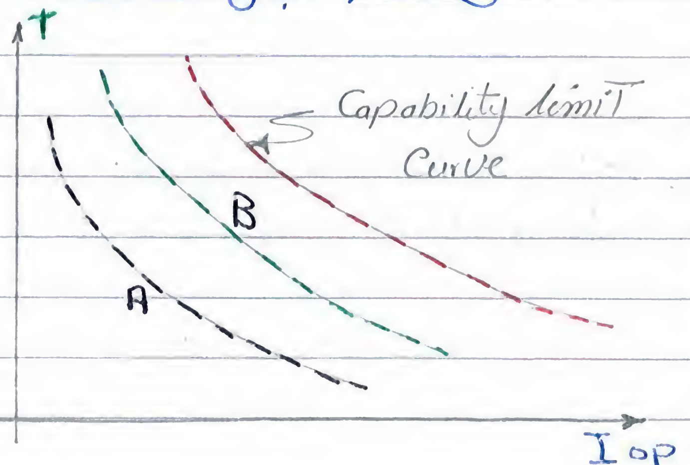


ما المقصود بالـ (Capability limit Curve) ؟

هو المنحنى الذي إذا تعديته فإن العزل سوف ينهار. يحدث اهتزازات vibration وما إلى ذلك ....

لو فرضنا أن low voltage side حدث عليه fault فالمفروض أن fuse (A) ينفصل أولاً لأن ال speed factor له عالي جداً.

operating time of fuse (B) must be larger than operating time fuse (A)



speed factor = speed ratio of The fuse is defined as The ratio between The minimum melt Current values at two widely separated times.

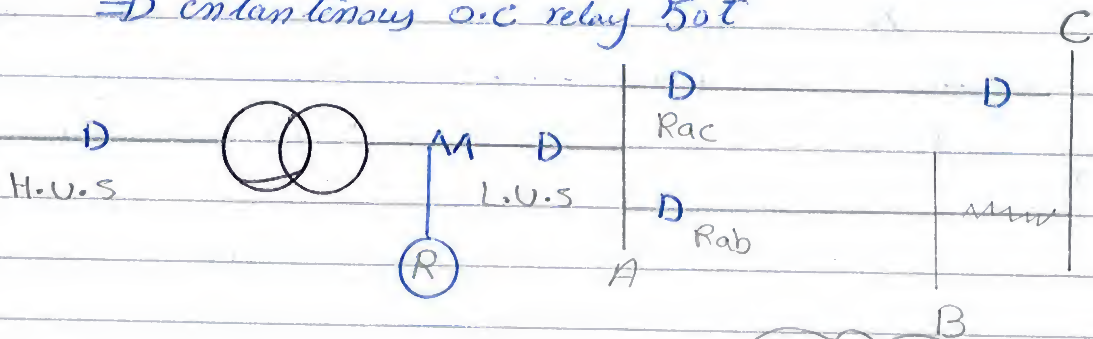
for example. speed factor = $\dfrac{\text{Current at } 0.1 \text{ sec}}{\text{Current at } 100 \text{ sec}}$.

Time delay over current Relays. (51 T)

protection against excessive over load, or presisting external fault, is provided by time-delay over current Relay. The pick up setting is usually (115 %) of The maximum over load acceptable.

This margin Covers The uncertainty in The C.T. relays and Their Calibration.

⇒ time delay o.c relay 51 T
⇒ intantenous o.c relay 50 T



* نستخدم ال o.c حمايه.

① المحول ضد (over load

② لو فرضنا ان فيه fault حصل في T.L لو الريلاي بتاع T.L فشل ان o.c اشتغل ويعمل كـ back up لـ T.L.

⚠ دائماً ال over load في المحولات تكون
→ 115 % of The max allowable load.

Setting of 51 T (T.D.O.C.R). 115 % of The max (over load) allowable load.

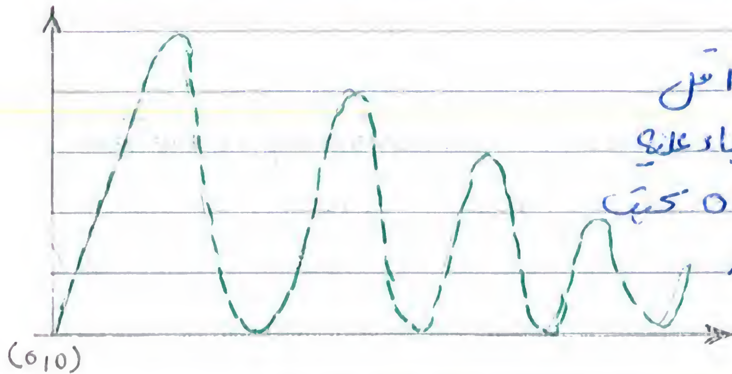
أما بالنسبة لل time dial curve تم تحديده حسب ال fault حصل فين

Note C.T selection, is selected based on The rated Current.

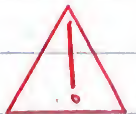
***

ماهو تيار الـ " Inrush Current " ؟

هو التيار الذى يسرى فى الابتدائى لحظة الغلق هنا التيار يصل الى (8 → 10 In) normal load Current of Transformer.



هذا التيار لازم ليتوى " die " فى زمن أقل من زمن الـ " O.C Relay " دفيادعليه يتم تغيير الـ Time deal لـ O.C.R بحيث أنه لايفصل على inrush Current.

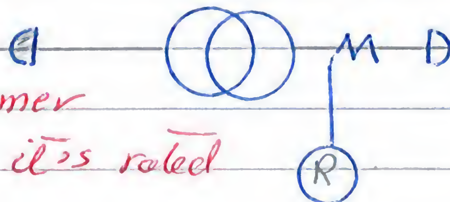


لماذا نقوم لنستخدم المحول أى عمل له " energizing " له مشاكل لجزء العالى ؟

أولاً . $AT_{primary} = AT_{secondary}$

بالتالى إذا نعمل energizing بيعمل AT العالى لأن عدد لفاته أكبر $N >>>$ بالتالى تكون التيار كبير ($N \propto \frac{1}{I}$)

Example.



Rac

Rab

A B C

Consider The Transformer Shown in The fig, it's rated at (2.5 MVA).
With primary and secondary voltage (13.8 | 2.4 KV)
120 % overload (get Ip & Is)

$\therefore S_{3\phi} = \sqrt{3}\, I_p \cdot V_p = \sqrt{3}\, I_s \cdot V_s$

$\therefore I_{pri} = \frac{2.5 * 10^6}{\sqrt{3} * 13.8 * 10^3} = 104.59$ Amp.

$\therefore I_{sc} = \frac{2.5 * 10^6}{\sqrt{3} * 2.4 * 10^3} = 601.4$ Amp.

$\therefore$ For primary setting for (51T)

$\therefore$ 115% * $I_{p.max}$ = 1.15 * $I_{prim.max}$.

$\therefore$ $I_{primary\ max}$ = 120% * I_{pri} = 1.2 * 104.6 = 125.5 A

Primary setting for 51T = 1.15 * 125.5 = 144.3 Amp

$\therefore$ we must select the CT Ratio $\therefore$ n_{cp} = to be selected as the nearst standard CT Ratio based on full load current

$n_{cp} = \frac{150}{5}$ Primary side.

For the secondary side.

$\therefore$ I_s = 601.4 Amp. (full load)

$\therefore$ $I_{sec.Max}$ = 1.2 * I_{sec}
= 1.2 * 601.4 = 720 Amp

The pick up current for the secondary side is

$\therefore$ 1.15 * $I_{s.max}$ = 828 Amp.

Select $\therefore$ n_{cs} based on full load current.

$\therefore n_{cs} = \frac{600}{5} = 120$ full load current.

$\therefore$ I_{pickup} of Relay for secondary winding = $\frac{I_{pickup}}{n_{cs}}$

$= \frac{828}{120} = 6.4$ A

select 7A

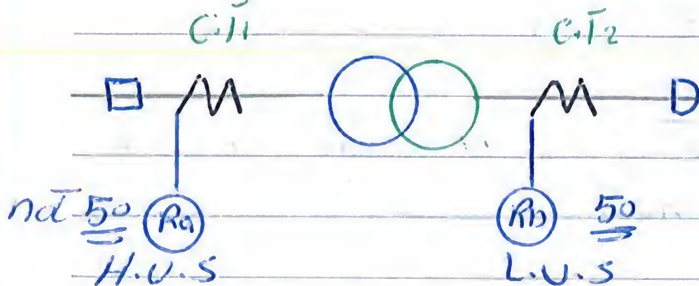
$\therefore I_{pickup} = \frac{600 * 1.2 * 1.15}{n_{cs}}$



∴ Instantaneous relays. "overCurrent Relay"

In IEEE or ANSI stander it's take number "50".
∴ In All Cases. of Course, The relay must not operate on inrush current or for low-side faults. peak magnetizing Current in a Transformer Can be as high (8 → 10) times peak full-load Current.

أولاً : لا يوضع الـ (50R) في الابتدائي لسبب وجود inrush Current وتلك تمنع أن يوضع في الثانوي وذلك لأننا لانقوم بتحميل energizing للمحول من ناحية الثانوي



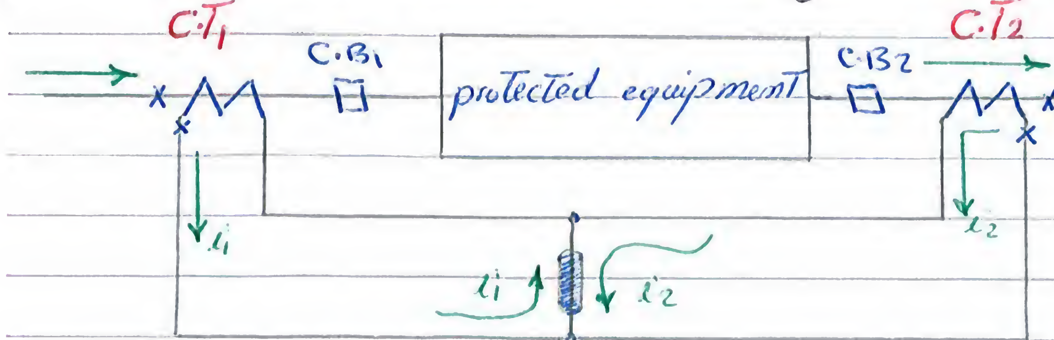
→ In The primary (50) may fail operate due to inrush Current.

← في المحول تيار الـ inrush تيار عالي جداً في حالة الـ no-load
اما في حالة الـ load تيار تيار inrush صغير.

هام *

∴ percentage Differential protection (87T).

It's number in IEEE or ANSI is (87T).
percentage Restrained Differential Relay → وهو يسمى أيضاً



يعتبر هذا الريلاي هو أهم ريلاي في الشبكة الكهربية.

ويسمى هذا الريلاي بالـ "Unit protection" أي يقوم بحماية كل من Generator أو Transformer أو Bus Bar أو Capacitor Bank
أي بمعنى آخر تقوم بحماية أي معدة موجودة في "difinit boundary"
أي في منطقة محددة فيقوم بأخذ إشارة "تيار" من local end وكذلك

بعد Remote end ثم تقوم بعمل عمليه "Classification" داخليه التي بناء عليها
تقوم بإرسال "proper Trip Commend To C.B mechanism" حتى تقوم
بالفتح وإزالة العطل بأسرع وقت ممكن
isolate fault as quickly as possible.

Differential Relay (87)

low impedance Relay — High impedance Relay.
الـ input له تكون (volt))

low impedance differential Relay

① Circulating Current differential Relay.
② Percentage Restrained differential Relay.

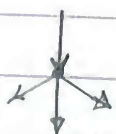
أولاً: Circulating Current differential Relay.

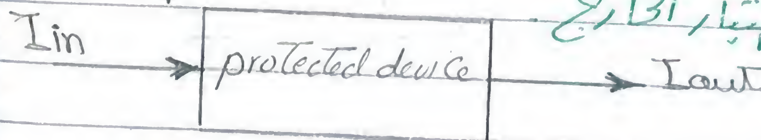
** ** **

كل الـ input له تكون من C.Ts وهي تعتمد على نظرية:

$\sum$ Current = Zero ①

التيار الداخل = التيار الخارج ②



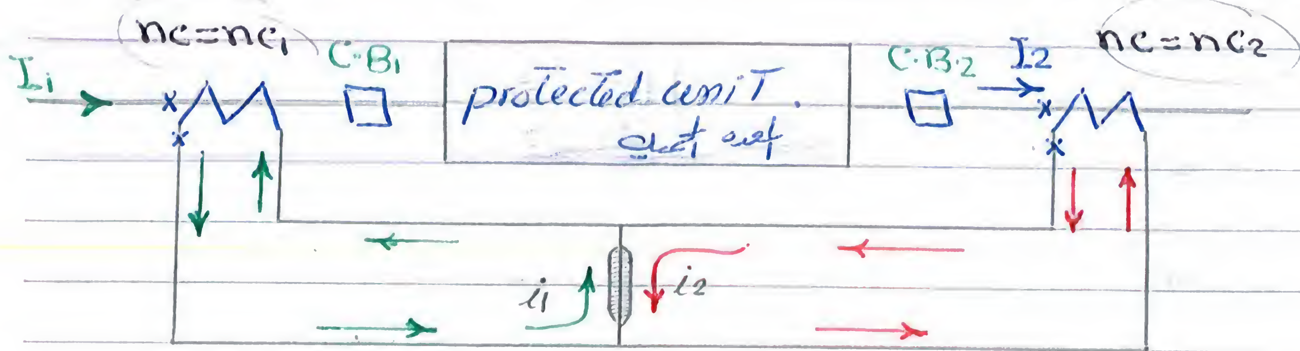


كما ذكرنا أن هذا الريلاي يسمى "unit protection device"
وهو يقوم بحماية معظم مكونات الشبكة الكهربية ما عدا خطوط النقل "O.H.T.L"
وذلك لأنه طويل جداً ونحن نحتاج إلى C.T في البداية وآخر في النهاية وهذا يكون
مكلف جداً فلا يستخدم ولكن ممكن للبعيد وينفذ ويستخدم.

∴ Case ① ∴ التيار الخارج من الثانوي في $C.T_1$ = التيار الخارج من الثانوي في $C.T_2$

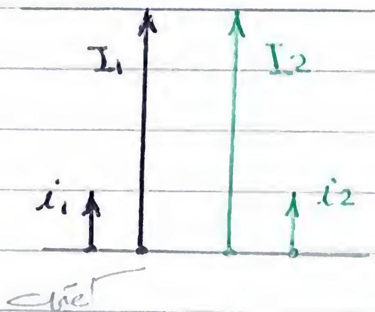
" Turn ratio " وحتى يكونو متساويين لابد أن يكون لهم نفس نسبة التحويل

C.Ts ⟹ produce equal current in the secondary.



∴ At normal load condition. $I_1^{\circ} = I_2^{\circ}$

نسبة التحويل للـ C.T هي nc تعمل على
① تقليل قيمة التيار بحيث تكون مناسبة للريلاي
② أن يكون التيار في الثانوي بعد التحويل يكون في نفس اتجاه التيار الابتدائي.



من الرسمات السابقة نجد أن:

$$\therefore i_1 = \frac{I_1}{nc_1} = \frac{I_1}{nc}$$

$$\therefore i_2 = \frac{I_2}{nc_2} = \frac{I_2}{nc}$$

if $|I_1| = |I_2|$ ⟹ $\frac{I_1}{nc_1} = \frac{I_2}{nc_2}$ ⟹ $\frac{I_1}{nc} = \frac{I_2}{nc}$

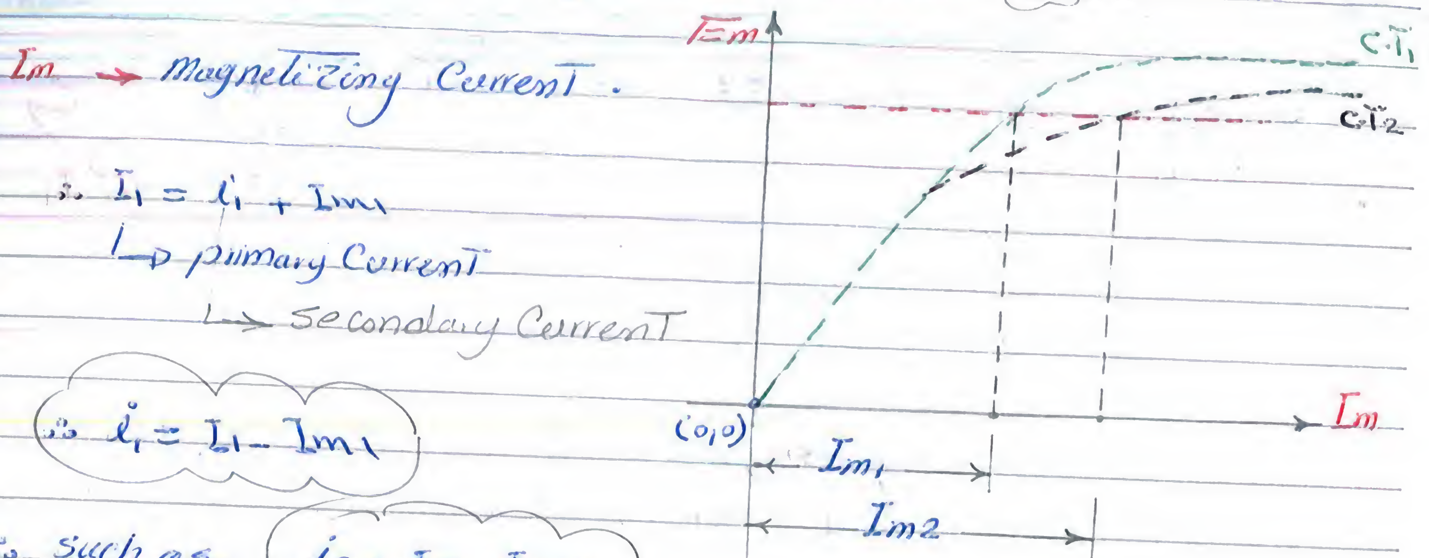
كقيمة / كاتجاه > $i_1 = i_2$ secondary current وبالتالي تكون

∑ Current in Relay = Zero

∴ Relay Current (I Relay) = $i_1 - i_2$ = Zero

وهذا من الناحية النظرية فقط. ونظراً لأنه لا يتساوى نسبة التحويل لأي كويليه حتى لو تم تصنيعهم من نفس المصنع لأنه قد تختلف المغنطيس والعازل والأسلاك لكل منهم

وبالتالي يختلف ال open circuit characteristic (أو) magnetization curve (أو) "B-H Curve" لكل C.T كلا بالشغل



Im → magnetizing current.

$\therefore I_1 = i_1 + I_{m1}$

I_1 → primary current

i_1 → secondary current

$\therefore i_1 = I_1 - I_{m1}$

$\therefore$ such as. $i_2 = I_2 - I_{m2}$

عند هذه النقطة نقوم بحساب تيار الريلاي

$\therefore I_R = i_1 - i_2$

$\therefore I_R = I_a = I_1 - I_{m1} - I_2 + I_{m2}$ $(I_1 = I_2)$

$\therefore I_{Relay} = I_{m2} - I_{m1}$

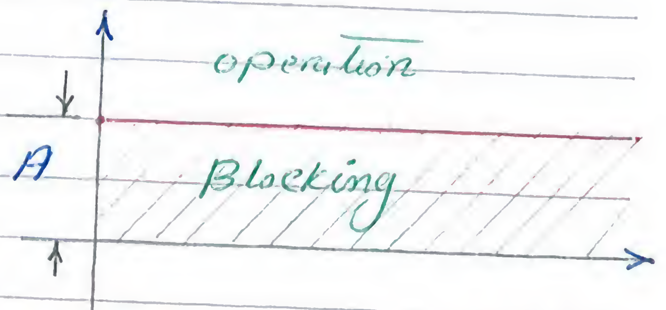
وبالتالي في الحالة العادية "Normal load" يتولد في Relay تيار يساوي الفرق في تيارات المغنطة.

لذلك نعمل "minimum pick up value" لهذا الريلاي عند قيمة أكبر من الفرق في تيار المغنطة وذلك للاحتياط "precaution" نعمل ال pick up عند تيار أكبر من أو يساوي المجموع

$I_{pickup} \geq$ sum of magnetization current

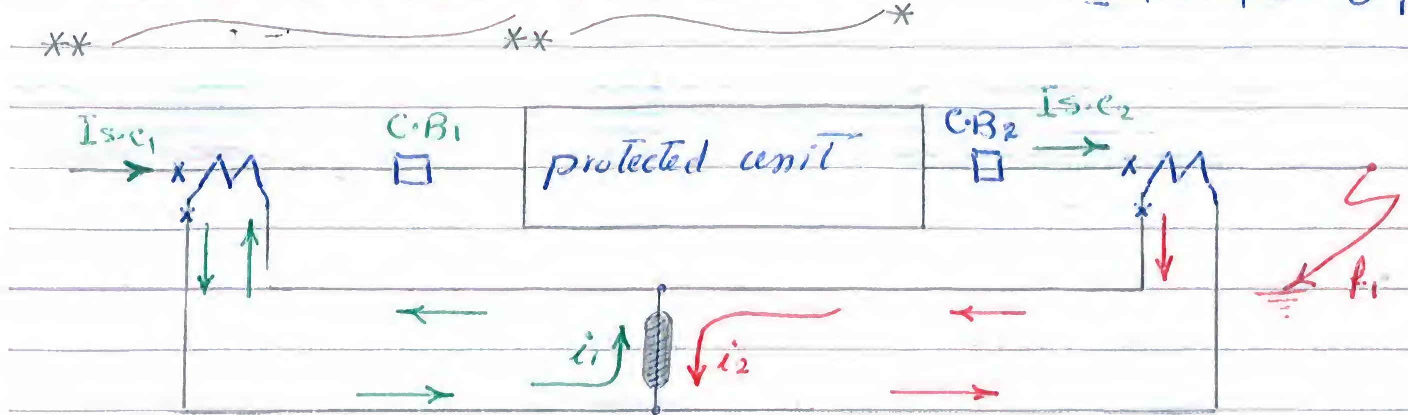
Relay characteristics.

A → minimum pickup يعني "Basic setting"

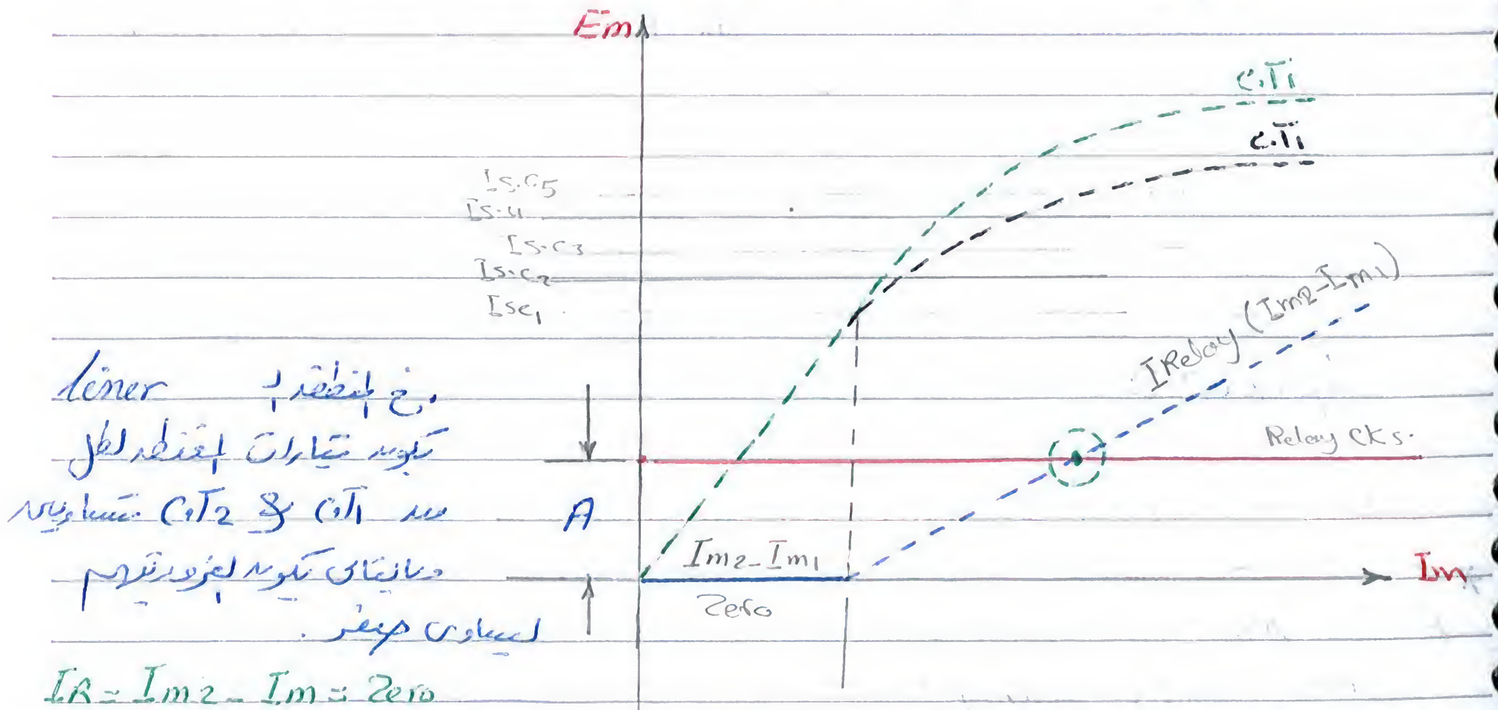


الريلاي لا يعمل بداية من Zero ولكنه يعمل عند minimum pick up وهي تساوي مجموع تيارات المغنطة "$I_{m1} + I_{m2}$"

Case ② for external fault occure. — العطل خارج المنطقة المحمية



تكون التيارات " $I_{s.c_1} = I_{s.c_2}$ " وهي نفس الحالة السابقة وتكون الـ C.T₁ مصمم من
حيث الحالة تحت " Short circuit current " لا تحدث "Saturation for C.T's"
وعندما ننظر للعلاقة منحنى " Magnetizing Curve " وهو بين العلاقة " Em, Im"
حيث أن Em هي Induced voltage في ملفات الثانوي للـ C.T
فعندما نزداد قيمة تيار (S.C) فتزداد قيمة " Em " المستحثة في الملفات
" Secondary side " لمحولات التيار وبالتالي يزداد تيار المغنطة وبالتالي فإنه
يزداد تيار الريلاي في الحالة العادية لأنه يعبر عن الفرق في تيار المغنطة " $I_{m_2} - I_{m_1}$ " وبالتالي
فإنه يعمل الـ Relay عند قيمة معينة لتيار " Short circuit "

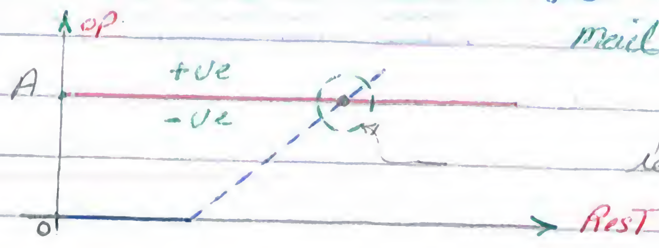


في منطقة الـ liner تكون تيارات المغنطة لكل من الـ C.T₁ & C.T₂ متساوية وبالتالي تكون الفرق بينهم يساوي صفر.

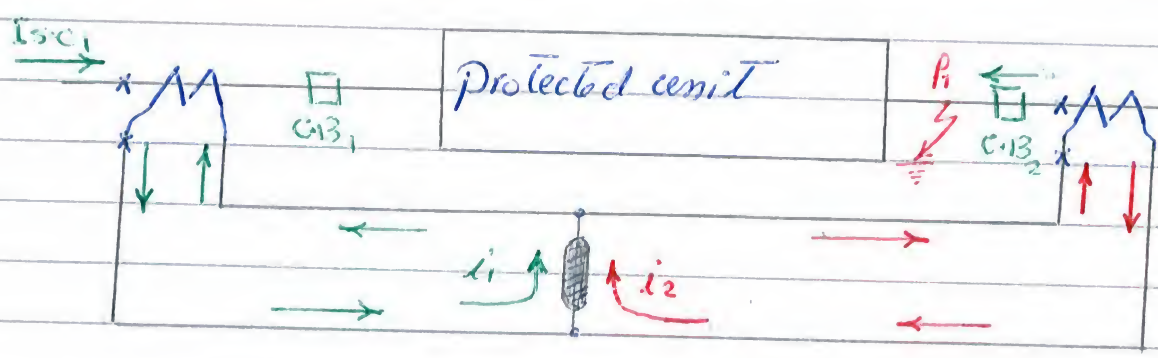
$I_R = I_{m_2} - I_{m_1} = Zero$

∴ **Disadvantages of This Relay.** For external fault at high short circuit level, The difference of magnetizing current is more which may operates The Relay.

ف عندما يكون عندنا "external fault" تكون قيمة تيار ال "short circuit"
عالية وبالتالي يكون الفرق في تيار الخطأ كبير (CT1 & CT2) كبيرة وبالتالي
تيار ال Relay كبير مما يؤدي الى تجاوز "minimum pickup value" ويصل على التشغيل
ويعني mal operates



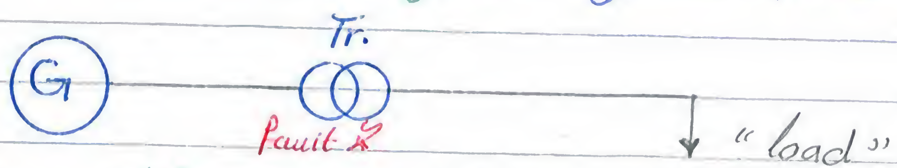
Case (3) for Internal fault condition.



Fault may be feed from → one side only — مصدر واحد
→ two side end — مصدرين

a) Fault current is feed from one side only.

وفي هذه الحالة يغذي ال fault مصدر اتجاه واحد وذلك عندما يكون ال system "Radial system"



وفي هذه الحالة يكون تيار "I_{sc1}" له قيمة وتيار "$i_2 = I_{sc2}$" يساوي صفر

$$I_{Relay} = i_1 - \underbrace{i_2}_{=0} = i_1 \implies I_{Relay} = \frac{I_1}{n_c}$$

∴ Relay current > pick up value "minimum value"
so Relay will operate and isolate fault.

b) The fault is being feed from two end.

وتقصد تغذية العطل من الاتجاهين وهنا

** **

تحدث في الـ " Ring system " وفي هذه الحالة يكون تيار $I_{s.c_2}$ + له قيمة

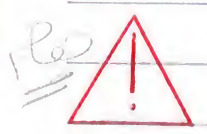
وبالتالي يكون تيار الـ Relay أكبر ويساوي مجموع التيارين ($I_R = i_1 + i_2$)

وبالتالي سوف يتم فصل كل من CB_1 & CB_2

$$\therefore I_{Relay} = i_1 + i_2 = \frac{I_{s.c_1}}{n_c} + \frac{I_{s.c_2}}{n_c} = \frac{I_{s_1} + I_{s.c_2}}{n_c}$$

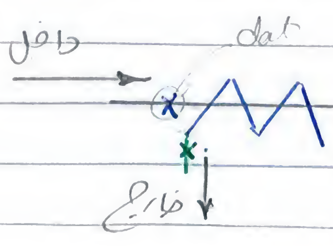
$I_{sc_1} + I_{s.c_2}$ = Total fault current

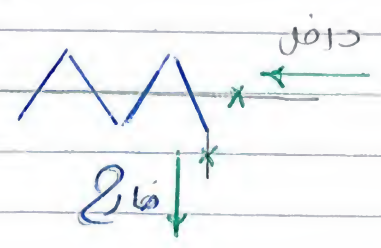
$$I_{Relay} = \frac{\text{Total fault current}}{n_c}$$

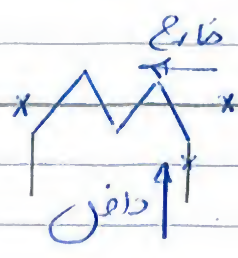


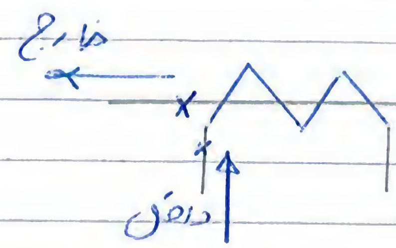
In circulating differential Relay ⇒ The differential Relay current will be proportional to the vector difference between the currents entering and leaving the protected unit and if the differential current exceeds the Relay minimum pickup value, the Relay will operate (← بزيد

" Polarity of C.T "









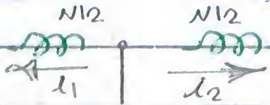
ثانياً: percentage differential Relay "percentage Restrained"

*** ─── *** ─── **

كما ذكرنا أن النوع الأول "circulating current" عكس حيث يـ mail operation
أي يعمل خطأ دون في الحالة العادية "normal condition" أو عكس في حالة external fault

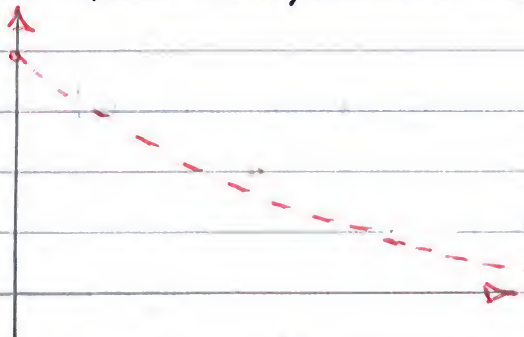
← ولذلك تم اللجوء إلى هذا النوع "percentage Restrained differential Relay"
وفيه يتم إضافة ملفات تسمى "Restraining Coil" "ملفات كبح" قوة
هذه القوة تعمل على منع عمل الريلاي في الحالة "normal condition" وكذلك في حالة
external fault أو يعني آخر في الحالات التي يجب الفروض الا يعمل فيها.

← وفي حالة "Internal fault condition" يعمل فيها دون تكون محصلتها التيارين المختلفين
وذلك لأن القوة المتولدة في الملف الأول معكوسة بالتالي المتولدة في الثاني.

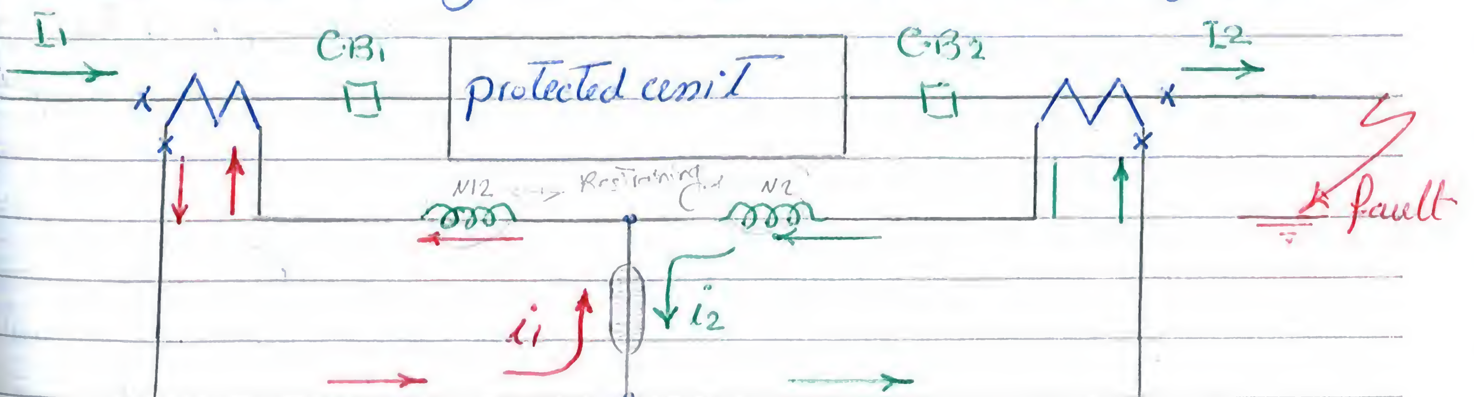


ملحوظة: يتم أخذ الـ Harmonics الناتجة عن Restraining وكذلك الـ "DC offset"
تضاف إلى الـ Restraining الأصلية حتى تمنع التشغيل في الحالة العادية.

DC offset Component ← إحدى مركبات تيار الـ short circuit وتنشأ معه
وذلك لأنه متغيرة مع الزمن $\frac{dt}{dt}$ بسبب
بالـ DC لأنه ينتشر في اتجاه واحد
سميت بالـ offset وذلك لأنه شيء
وتنقضي بعد فترة زمنية معينة تتوقف على قيمة
time constant "$\frac{L}{R}$"



وكذلك الـ Harmonic تظهر عند "Transient Condition" مثل
① Short Circuit Current.
② Motor starting
③ Transformer energization.

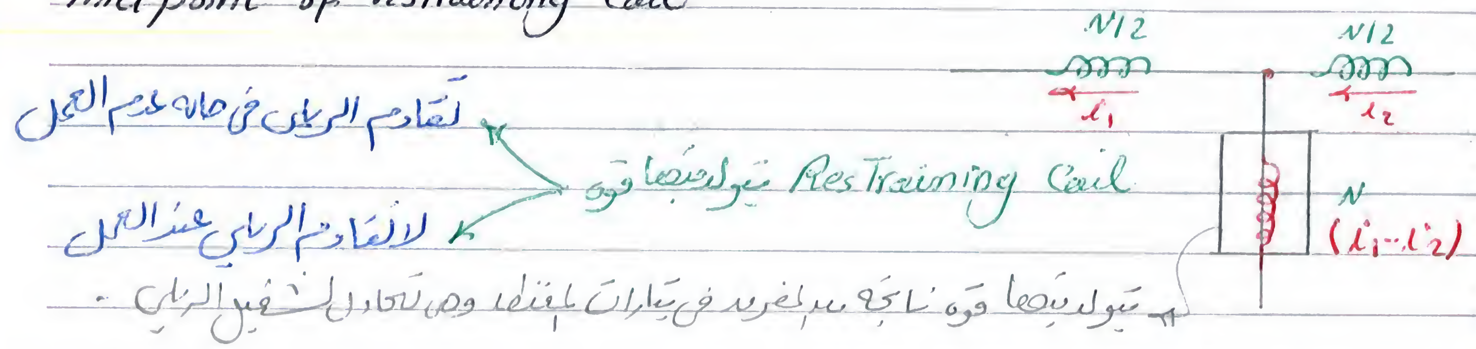


normal Condition

Internal fault → دراسة هنا النوع هو نفسه في الـ Circulating في حالة

وللتنا سوف نشرح فقط " External fault condition " والتي ذكرنا لها عن الأول .

⇒ The differential current "I_d" in the operating coil is proportional to "$I_1 - I_2$" and the equivalent current in the Restraining coil is proportional to $\left(\frac{I_1 + I_2}{2}\right)$ since the operating coil is connected to the mid point of restraining coil



⇐ ملفات الـ Restraining تم تقسيمها الى نا جزئين كل نا حية عدد لفاتها (N/2) تتولد فيها restraining force ضعيفة وهي تقاوم الريلاي في حالة عدم العمل .

$$F_{restraining} = i_1 * \frac{N}{2} + i_2 * \frac{N}{2} = \frac{1}{2}(i_1 \cdot N + i_2 \cdot N)$$

$$F_{restraining} = \frac{1}{2}(\text{Fault Current})$$

هذه القوة أكبر من القوة الناتجة من الفرق في تيارات الخطأ وبالتالي الريلاي لا يعمل في هذه الحالة

percentage Relay. ⇒ The ratio of the differential operating current to the average Restraining current is a fixed percentage (which explain the name of the relay)

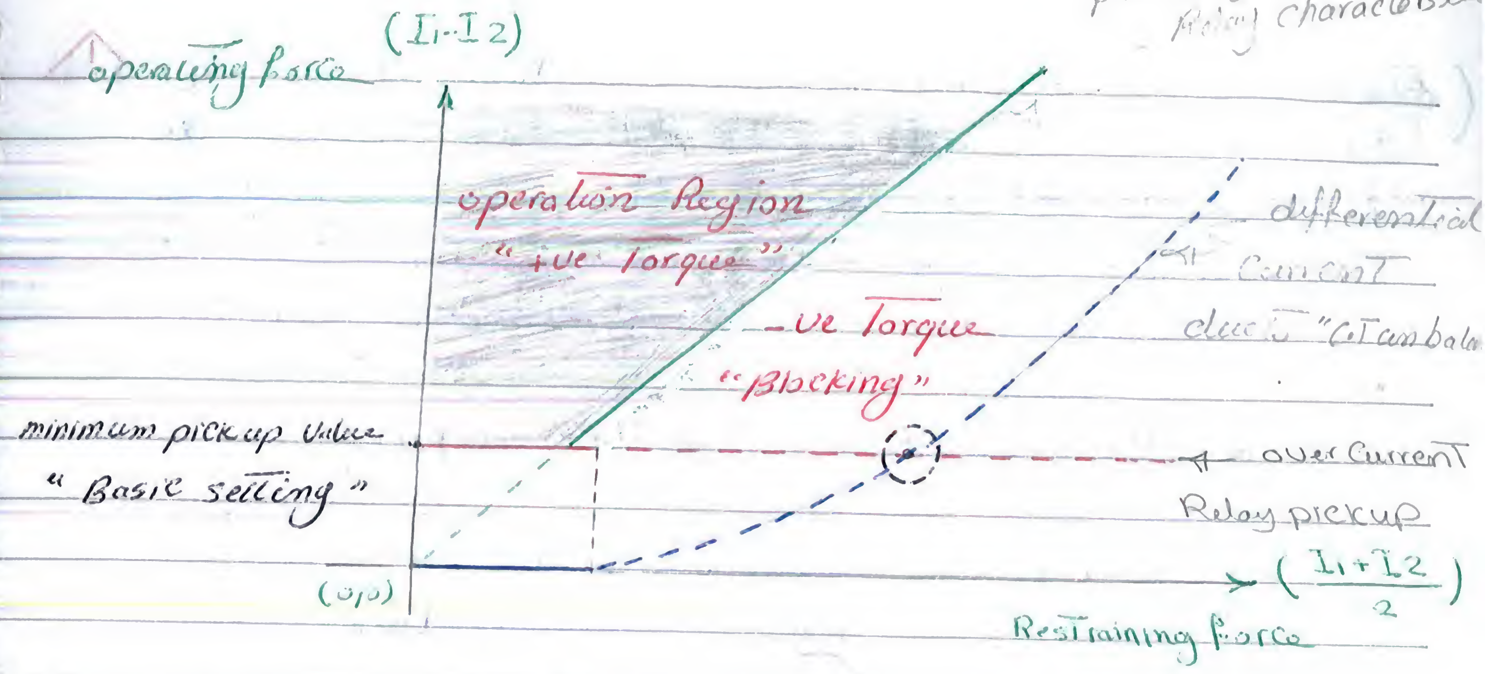
operating characteristic for This Relay.

** ~~~~~~ *** ~~~~~~ *

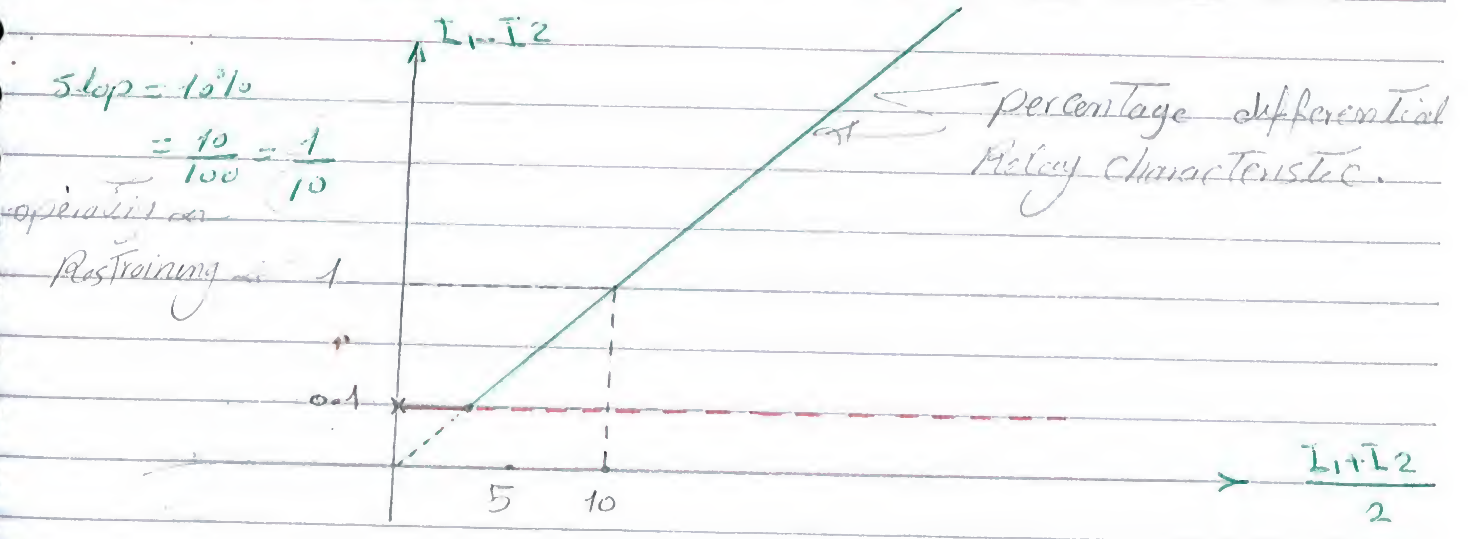
يعني يريد ratio الـ operating quantity الـ Restraining quantity

وهي slope وتعتبر %10 أي نسبة مئوية

$$\% = \frac{\text{operating}}{\text{Restraining}}$$



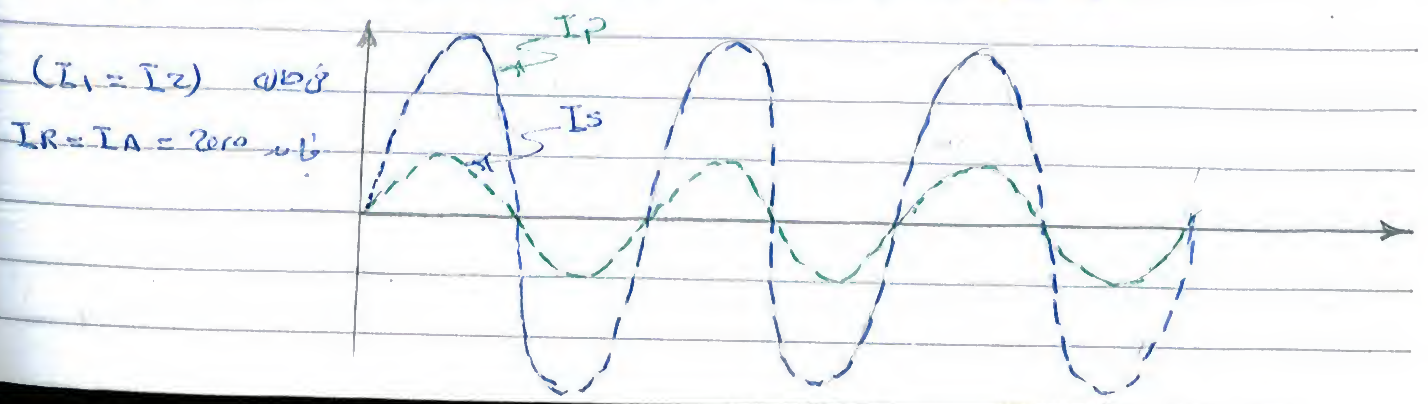
Example :- Draw The characteristic of percentage differential Relay which has (0.1 Ampere) minimum pick-up and 10% slop.



وظيفة محولات التيار (C.T) كما ذكرنا سابقاً ؟

① اتقلل القيمة بحيث تكون مناسبة للريليه .

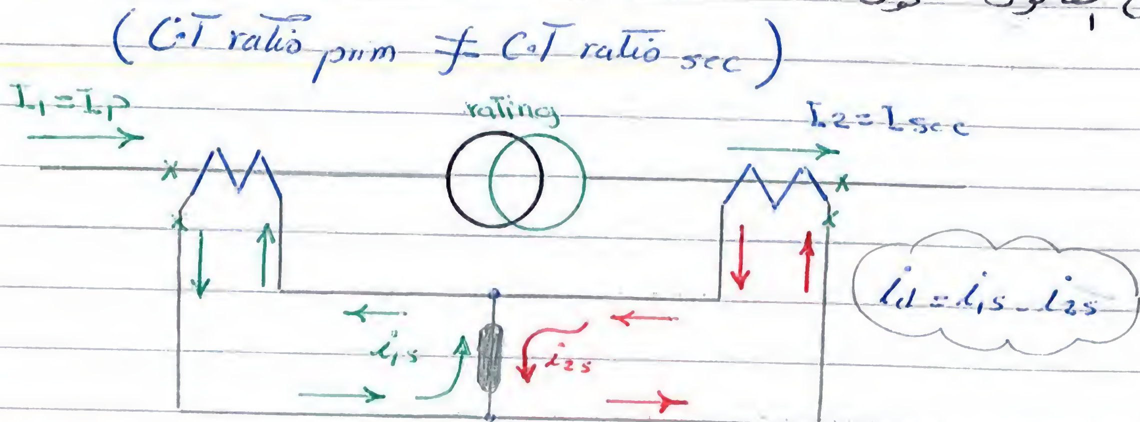
② تضبط الاتجاه بحيث اتجاه تيار الابتدائي في نفس اتجاه تيار الثانوي "polarity"



⚠ في حالة إن تكون الـ protected equipment هي المحول فإنه أي لو عندي step up or step down transformer $\left(\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}\right)$ فإن التيارين $(I_1 \neq I_2)$ أو بمعنى آخر $(I_s \neq I_p)$ وبمعنى ذلك أننا لو استخدمنا نفس الـ (C.T Ratio) فيكون في الثانوي $(i_1 \neq i_2)$ وبالتالي الريلاي سوف يعمل في حالة "Healthy condition"

∴ وبالتالي عشان $(i_1 = i_2)$ لازم الـ (C.T Ratio) في الابتدائي تكون مختلفة عنها في الثانوي للمحول.

$(C.T\ ratio_{prim} \neq C.T\ ratio_{sec})$



أولاً . نسب الـ C.T ratio يتم حسابها على حسب الـ "Max. load Current" للمحول

For 1φ Transformer ⟹ $S_{1\phi} = I_p \cdot V_p = I_s \cdot V_s$
For 3φ Transformer ⟹ $S_{3\phi} = \sqrt{3}\, I_p \cdot V_p = \sqrt{3}\, I_s \cdot V_s$.

يتم حساب كل من $(I_2 \& I_1)$ ∴ $S_{1\phi} = I_1 \cdot V_p = I_2 \cdot V_s$

ويتم اختيار أقرب "Standard" C.T ratio وبالتالي الـ C.T ratio تعتبر غير متساوية ليسمى ذلك بالـ "mis match ratio"

لا يمكن أبداً إن احنا عاوزين $i_{s1} = i_{s2}$ في حالة التشغيل العادي "Normal operation"

$\therefore i_{s1} = \frac{I_1}{nc_1}$, $i_{s2} = \frac{I_2}{nc_2}$

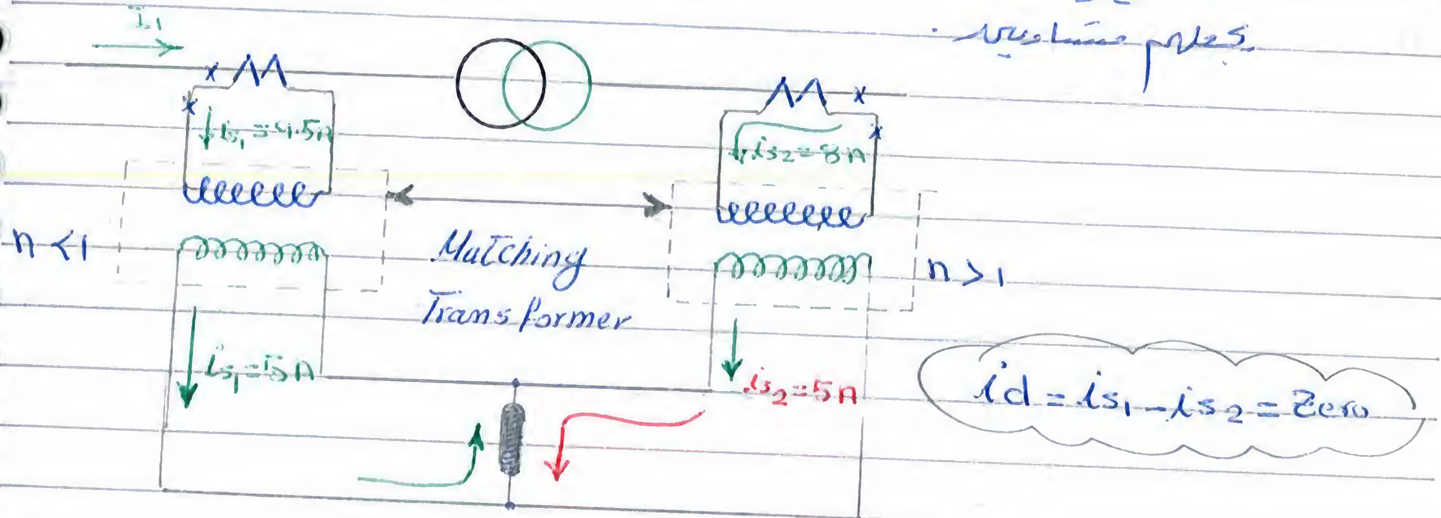
$\frac{I_1}{nc_1} = \frac{I_2}{nc_2}$ $\quad \therefore \frac{I_1}{I_2} = \frac{nc_1}{nc_2}$

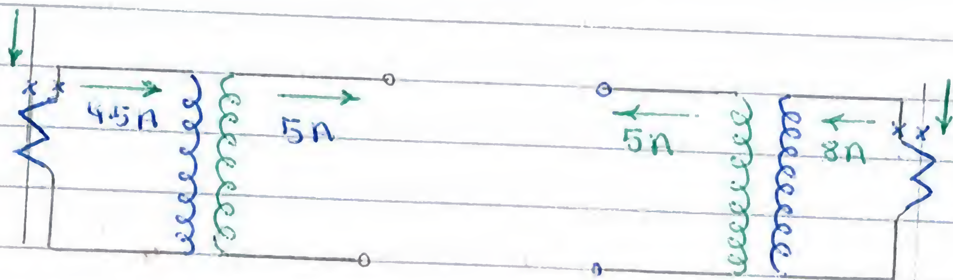
$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$ $\quad \therefore \frac{nc_1}{nc_2} = \frac{N_2}{N_1}$

$$N_1 * n_{c1} = N_2 * n_{c2}$$

هنا لازم هذا الـ Condition لابد يتحقق علشان الـ " $i_o = i_d = 0$ " أثناء الـ normal condition.

⚠ ولكن هنا لا يحدث والتعويض على ذلك يتم استخدام " Matching Transformer "
دائماً تكون على أطراف الريلاي لتعوض تقليل " I_1 & I_2 " بحيث تجعلهم متساويين.





عند إختيار الـ setting لهذا الريلاي " differential Relay " لابد أن نأخذ في الاعتبار الآتي:

① Mis match ratio ② C.T error.
③ under load tap changer.

In any Case, even with These adjustments, There remains some residual ratio mis match, which leads To a small differential Current (i_d) during normal condition, secondly. The errors of Transformation of The two C.Ts may differ from each other, Thus leading To significant differential Current when There is normal load flow on an external fault, Finally, if The power Transformer is equipped With a tap changer, it will introduce a main Transformer ratio

change when Taps are changed, These These Three affects Cause a differential Current to flow in The over current relay, and The relay design must accommodate These differential currents with out Causing a trip.

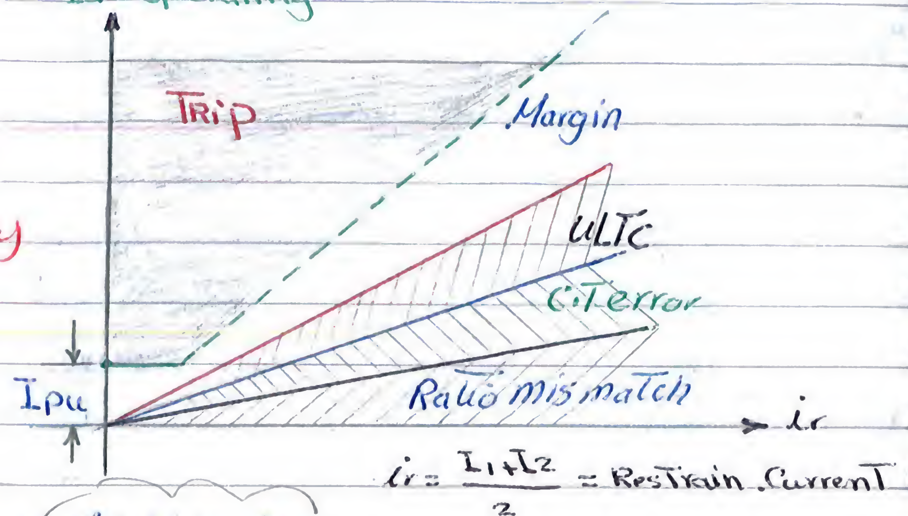


Fig: percentage differential relay characteristic.

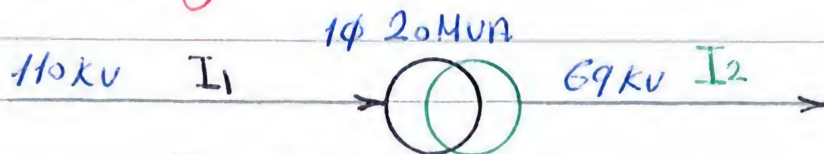
The relay operates when: $I_d \geq K \cdot i_r$

∴ where (K) is The slope of The percentage differential characteristic

$K \Rightarrow$ is generally expressed as a percent value: Typically 10%, 20%, and 40%, Clearly, a relay with a slop of 10% is far more sensitive Than a relay with a slop of (40%).

Ex. A single phase Transformer is rated at (110/69 kV) 20 MVA, it's To be protected by a differential relay with input Tap, of 3, 4, 4.5, 4.8, 4.9, 5, 5.1, 5.2, 5.5 amp secondary. The Transformer has (ULTC) ± 5%.

* specify The C.Ts, The pick up setting and The percentage diff. slop for relay.



$$\therefore I_1 = \frac{20 * 10^6}{110 * 10^3} = 181.8 \text{ Amp}$$

$$\therefore I_2 = \frac{20 * 10^6}{69 * 10^3} = 289.8 \text{ amp}.$$

select the C.T ratio from the nearst standered value.

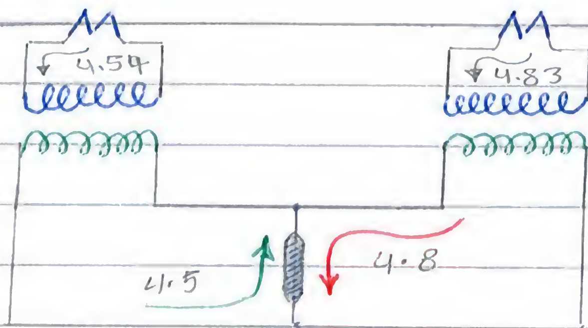
$\therefore n_{C_1} = \frac{200}{5} = 40$ & $n_{C_2} = \frac{300}{5} = 60$

$\therefore i_{s_1} = \frac{I_1}{n_{C_1}} = \frac{181.8}{40} = 4.54$ amp

$\therefore i_{s_2} = \frac{I_2}{n_{C_2}} = \frac{289.8}{60} = 4.83$ amp.

$\therefore i_{s_1} \neq i_{s_2}$ ⟹ at normal condition mail operate

ده أي بريلاي يعني خطأ.



$\therefore \frac{4.54}{4.5} = 1.009$

$\frac{4.83}{4.8} = 1.006$

Mis match ratio = 1.009 − 1.006 = .003

① ∴ Mis match ratio = 0.003 ⟹ As % = 0.3 %

② select C.T error % = 10 %

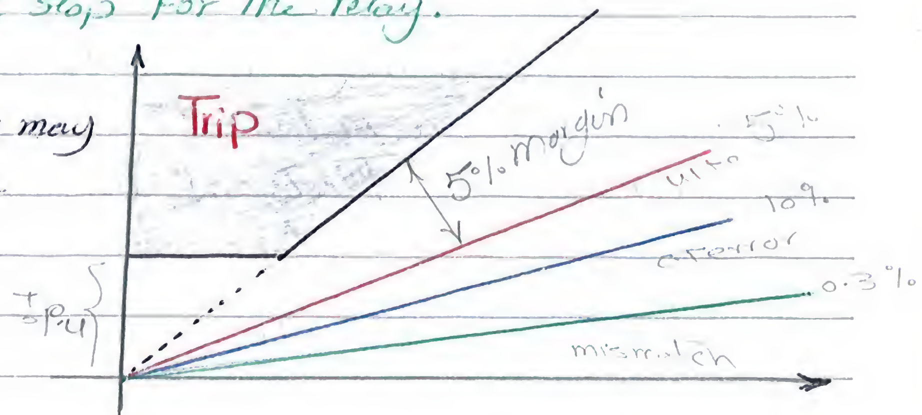
③ Given ULTC % = 5 %

Total error = 10 % + 5 % + 0.3 % = 15.3 %

⟹ with about 5 % margin, we may there for select a (20 %) differential slop for the relay.

⟹ for the pick-up setting, we may select the lightest available setting.

$I_{pick\text{-}up} = \frac{1}{4}$ (0.25) amp.



⚠ The primary current on the 69 kV side will be.

$\therefore I_p = I_{s_2} * n_{C_1}$

$\therefore I_p = 0.25 * 60 * \frac{4.8}{5} = 14.4$ → أقل تيار يمر في الابتدائي

Matching

يعني الريلاي لن pickup . أقل من ذلك لا يراه الريلاي
will not be seen by the relay.

---

power Transformer protection

* Transformer differential relay (87-Tr)
  Mechanical relays.
  a) pressure relay b) Bochholoze relay.
  c) Tempreture device relay.

كما ذكرنا من قبل أن المحول في الحالة " normal " يحتوي على " spill current "
وذلك نتيجة لان الـ " Two C.Ts non identical "
وبالتالي كيف يتم حل هذه المشكلة لكي أتكلم عن حماية المحول
* أي ما هي الظواهر الطبيعية التي تحدث عادة في المحول ؟ .

⊛. Causes of False Differential Currents.

False differential currents are generally sufficient to cause a percentage differential relay to trip.

All such phenomena can be traced to the non linearities in the transformer core, or in the C.T core, or in both, we will now consider the effects of these nonlinearities.

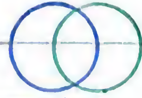
كل الأسباب التي سوف ندرسها ونذكرها لابد ترجع إلى القلب الحديدي
" non linearity of magnetic core "

① Magnetizing Inrush Current during Energization.

أول ظاهرة تظهر في المحول وهي مهمة جداً وهي ظاهرة (inrush Current)

H.V.S — L.V.S

$C.B_1$ — $C.B_2$

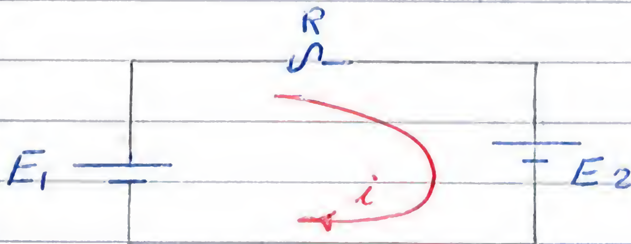


open — open

نفترض في البداية أن المحول (Dead) أي ليس عليه جهد ونعتبر أيضاً أن الفيض المغناطيسي المتبقي في الـ "Core" تساوي صفر.

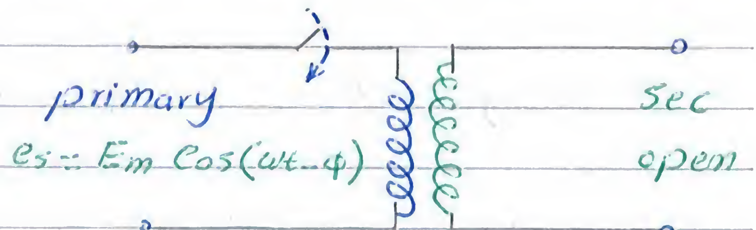
← عند غلق قاطع التيار ($C.B_1$) معنى ذلك أننا نقوم بتغذية المحول energizing من جهة الجهد العالي (H.V) أي ينشأ ما يسمى بـ "Inrush Current" التيار الذي يسحب من مصدر التغذية.

حتى تتيسر علينا فهم هذه الظاهرة.



$\therefore E_1 = iR + E_2$ in DC

In AC Voltage



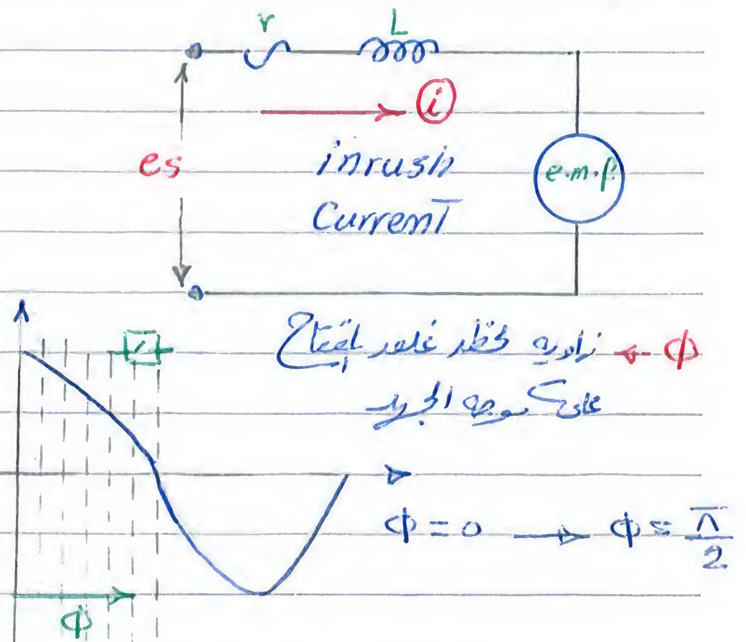
$\therefore e_s = ir + l\frac{di}{dt} + e.m.f$

لأن المحول loss free

$\therefore e_s = emf$

$emf = N_p \frac{d\phi}{dt}$

يعني قطع الفيض للملفات



$emf = N_P \frac{d\phi}{dt} \longrightarrow i = \frac{emf}{Z} \longrightarrow i = \frac{N_P}{Z} \frac{d\phi}{dt}$

$\therefore \phi \propto i \longrightarrow \phi$ in phase with i

$\therefore e_s = N_P \frac{d\phi}{dt} \qquad \therefore d\phi = \frac{e_s}{N_P} dt$

$\therefore d\phi = \frac{E_m}{N_P} \cos(\omega t - \phi) dt$

$\therefore \Phi = \frac{E_m}{N_P} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \cos(\omega t - \phi) dt$

$\therefore \Phi = \frac{E_m}{N_P} \Big/ \sin(\omega t - \phi) \Big/_0^{\frac{\pi}{2} \text{ or } \omega t}$

$\therefore \Phi = \frac{E_m}{N_P} \left(\sin(\omega t - \phi) - \sin(-\phi) \right)$

$\therefore \Phi = \frac{E_m}{\omega N_P} \left(\sin(\omega t - \phi) + \sin\phi \right)$ # هام

$\therefore \Phi_{max} = \frac{E_m}{\omega N_P}$ يتم الحصول على الـ Flux الاعسر خلاله يتم الحصول على التيار .

ϕ (Range) from($0 \xrightarrow{To} \frac{\pi}{2}$)

At The Case of ($\phi = 0$ & $\omega t = 0$)

$\therefore \Phi = \Phi_{max} \left(\sin(0 - 0) + \sin(0) \right) = Zero$

At ($\phi = \frac{\pi}{2}$ & $\omega t = \frac{\pi}{2}$)

$\therefore \Phi = \Phi_{max} \left(\sin\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{2}\right) + \sin\frac{\pi}{2} \right) = \Phi_{max}$ (0, 1)

At ($\omega t = \pi$ & $\phi = 0$)

$\Phi = \Phi_{max} \left(\sin(\pi - \phi) + \sin\phi \right) = Zero$ ($-\sin\phi$)

$$\Phi_{Tot} \qquad \Phi_m \sin(\omega t - \phi)$$

$\Phi_m \sin\phi$ (0,0) $-\phi \sin\phi$ ωt

∴ The magnitude of This Current "Inrush" is determined by The slope of The magnetizing characteristic in The saturated region, and by The leakage inductance.

Φ Saturation Φ_{Tot} O.C.C

Fig. (8-6)

Magnetizing Current during energizing of Transformer

time i_m t_1

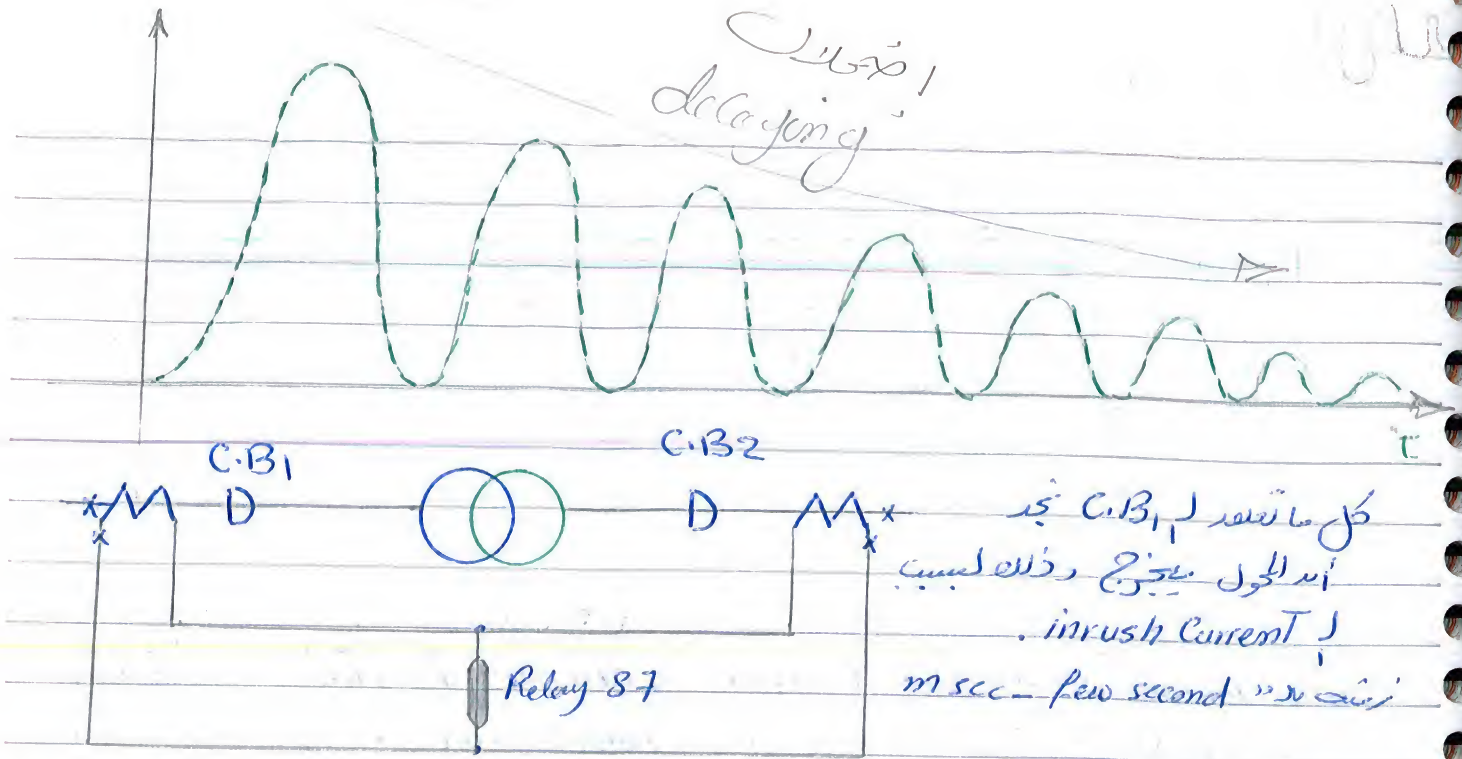
i_m التيار الذي تحتاجه لبناء Φ عند t_1

i_m Inrush Current

∴ قد يصل هذا التيار إلى I_o أمثال (8 ← 10) تيار الـ Full load
وهذا التيار لا يستمر في الشبكة بل يضمحل نظراً لوجود (R, L)
حيث له إضمحلال (decay)

Time

Because of The losses in The circuit, The magnetizing Current will delay To it's nominal small value as show in The next figure.



كل ما نقفل الـ $C.B_1$ نجد أن المحول بيجرج وذلك بسبب الـ inrush Current.
زمنه بين m sec – few second

وذلك لان تيار الـ operating قد يصل إلى 200% من تيار الـ Restraining أي أن الريلاي سوف يعمل. هذا التيار تتولد فيه الـ Harmonics وللتغلب على هذه المشكلة نستخدم طريقتين.

① Blocking of The (87 Tr) during energization.

ونستخدم هذه الطريقة في المحولات ذات small rating
→ " Blind or masking of 87 Tr "

② using voltage relay To supervise The (87 Tr) during energization

وأحيانا هذين الطريقتين لا تنفعا وبالتالي يتم تحليل موجة الـ inrush باستخدام Fourier

في حالة الـ fault لا تظهر إلا الـ Fundamental Compon. والـ Inrush *
لا تظهر إلا في جزء من الموجه فقط.

∴ The inrush current is rich in harmonic components, while The fault current is a pure fundamental frequency component " except for a possible decaying dc component).

We may use Fourier series analysis To calculate The harmonics of This current. Consider The origin To be at The center of current pulse as shown in The next figure.

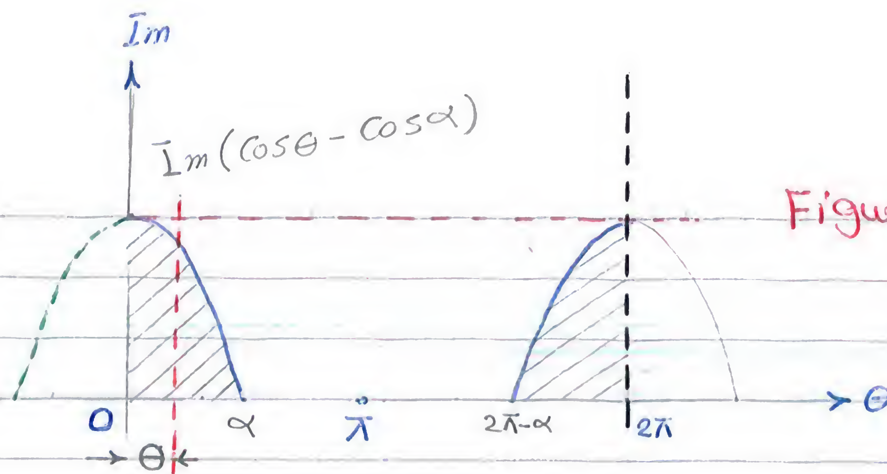


Figure (8-7). Idealized inrush current wave form

The expression for the current waveform is given by.
"Inrush Current equation"

$\therefore i(\theta) = I_m(\cos\theta - \cos\alpha), \quad 0 \leq \theta \leq \alpha \;, \; 2\pi-\alpha \leq \theta \leq 2\pi$

$\therefore i(\theta) = \text{zero} \;\; at \;\; (\alpha \leq \theta \leq 2\pi - \alpha)$

$at \;\; \theta = 0 \quad \Rightarrow \quad i(\theta) = I_m(1 - \cos\alpha)$

∴ الداله متماثله حول نقطة الاصل

$b_n = 0$  ∴ الداله زوجيه

$$\therefore a_n = \frac{1}{\pi}\int_0^{2\pi} i(\theta)\cos n\theta \, d\theta$$ نضرب *٢ للجزئية الغالبية

$$\therefore a_n = \frac{2}{\pi}\int_0^{\alpha} I_m(\cos\theta - \cos\alpha)\cos n\theta \, d\theta$$

$$= \frac{2I_m}{\pi}\int_0^{\alpha} (\cos\theta . \cos n\theta - \cos\alpha . \cos n\theta)\, d\theta$$

⚠ $\cos x . \cos y = \frac{1}{2}\left(\cos(x+y) + \cos(x-y)\right)$

$$\therefore a_n = \frac{I_m}{\pi}\int_0^{\alpha} \cos(n\theta + \theta) + \cos(n\theta - \theta) - \left[\cos(n\theta + \alpha) + \cos(n\theta - \alpha)\right] d\theta$$

$$a_n = \frac{I_m}{\pi}\left[\int_0^{\alpha} \cos(n+1)\theta \, d\theta + \int_0^{\alpha} \cos(n-1)\theta \, d\theta - \int_0^{\alpha} \cos(n\theta + \alpha)\, d\theta - \int_0^{\alpha} \cos(n\theta - \alpha)\, d\theta\right]$$

$$a_n = \frac{I_m}{\pi}\left[\frac{1}{n+1}\sin(n+1)*\alpha + \frac{1}{n-1}\sin(n-1)*\alpha - \frac{2}{n}\cos\alpha\,\sin n\alpha\right]$$

$n = 1, 2, 3, \ldots$

1 → Fundamental, 2 → second, 3 → Third

To get The fundamental component $(n = 1)$

$$\therefore a_1 = \frac{I_m}{\pi}\left[\frac{1}{2}\sin 2\alpha + \alpha - 2\cos\alpha\,\sin\alpha\right]$$

$$\therefore a_1 = \frac{I_m}{\pi}\left[\frac{1}{2}\sin 2\alpha + \alpha - \sin 2\alpha\right]$$

$$\therefore a_1 = \frac{I_m}{\pi}\left[\alpha - \frac{1}{2}\sin 2\alpha\right]$$

→ Fundamental Current component in inrush current.

To get $\left(\frac{1}{n-1}\sin(n-1)\alpha \quad . \quad (n=1)\right)$

using Expansion Theory (Tylor)

$$\sin\theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} - \frac{\theta^5}{5!} - \ldots$$

$$\frac{1}{n-1}\sin(n-1)\alpha = \frac{1}{n-1}\left[\frac{(n-1)\alpha}{1} - \frac{(n-1)^3\alpha^3}{3!} + \ldots\right]$$

$$\therefore a_1 = \frac{I_m}{\pi}\left(\alpha - \frac{1}{2}\sin 2\alpha\right)$$

تردد ال Fundamental Component هو 50 Hz.

← ويتم حساب ال 2nd (a_2) بنسبته على Fundamental $\left(\frac{a_2}{a_1}\right)$

وكذلك 3rd ← $\left(\frac{a_3}{a_1}\right)$

"Harmonic of The magnetizing inrush Current"

Table (8-1)

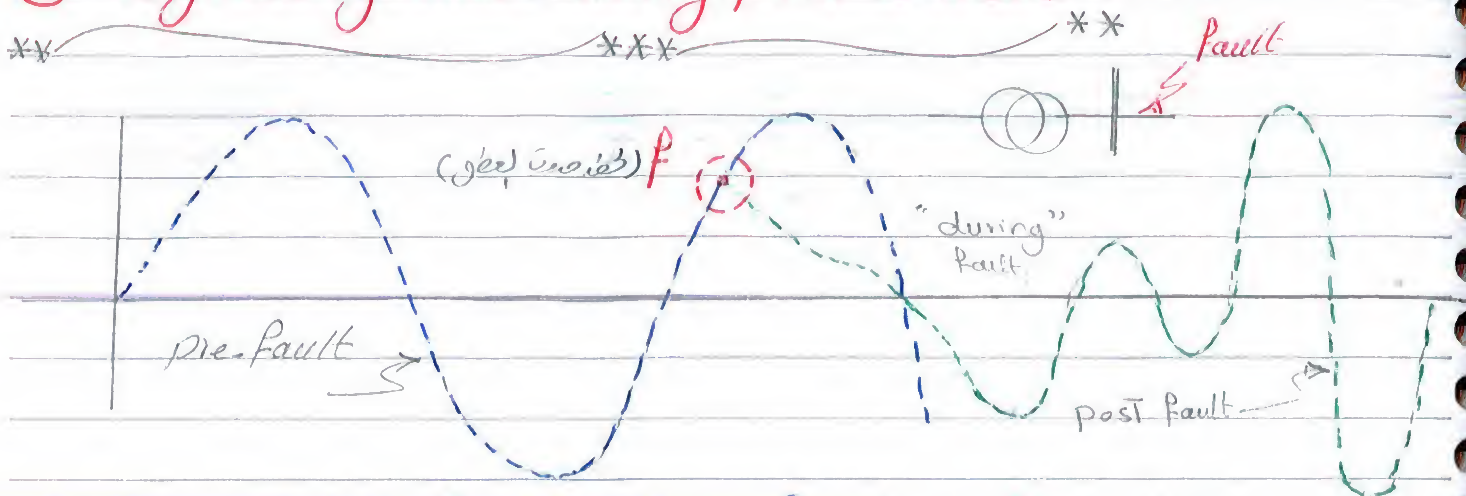
Harmonic	an/a		
	α = 60	α = 90	α = 120
2	0.705	0.424	0.171
3	0.352	0.000	0.086
4	0.070	0.085	0.017
5	0.070	0.000	0.017
6	0.08	0.036	0.019
7	0.025	0.000	0.006
8	0.025	0.029	0.006
9	0.035	0.000	0.008
10	0.013	0.013	0.003
11	0.013	0.000	0.003
12	0.020	0.009	0.005
13	0.008	0.000	0.002

⚠ الـ 2nd لا تظهر إلا في inrush ولا تظهر في حالة الـ fault فالحل إما
① نقوم بعمل Block للريلاي ونفصل المحول الخربان)
② نضع فيه الـ 2nd مع الـ Restraining Coil وبالتالي تمنع الريلاي
من التشغيل في هذه الحالة.

في الجدول السابق بأعلى الصفحة نجد أكبر قيمة harmonic ظهرت له هي 2nd H
وهي حوالي " 70.5% " تأخذ هذه الـ Harmonic مع الـ Restrain Coil
وبالتالي نزود الـ restraint وبناء عليه الـ operating مش هتشتغل.
نستخدم بالتالي " Harmonic restraind percentage relay "87Tr" "

ولكن هل فتشنا غير هذه المشكلة التي تحدث للمحولات بالطبع لا. حيث توجد مشاكل
أخرى والتي سوف نتناول بعضها كالتالي ...

② Magnetizing inrush during fault removal.



عند حدوث الـ fault بادر الجهد يقل وبعد ازالة الـ fault بادر الجهد يعود مرة أخرى ويزيد معه الفيض ونظهر الـ inrush.

نظهر الـ inrush في حالة ازالة العطل "fault" مما يشكل ونطلق عليه

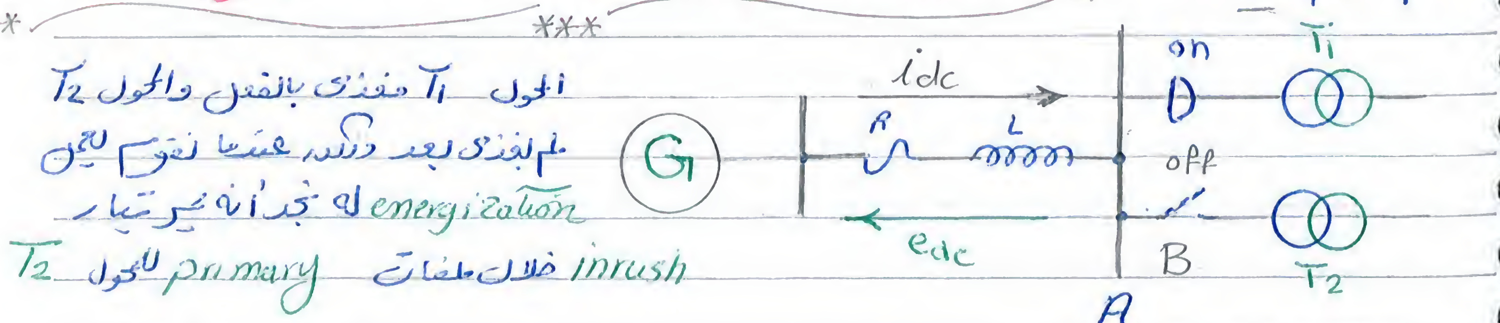
→ "Magnetizing inrush during fault removal"

ولكنه فيه تكون اقل من الـ inrush المتولد نتيجة الـ "energization"

⇒ The Transition may force a dc-offset on the flux linkages and primary current waveforms similar to those encountered during energization would result it should be noted that as there is no remnant flux in the core during this process, the inrush is in general smaller than that during the transformer energization.

③ sympathetic inrush phenomena. "الظاهرة التعاطفية"

المحول T_1 متغذى بالفعل والمحول T_2 لم يتغذى بعد ولكن عندما نقوم بعمل energization له نجد أنه يمر تيار inrush خلال ملفات الـ primary للمحول T_2



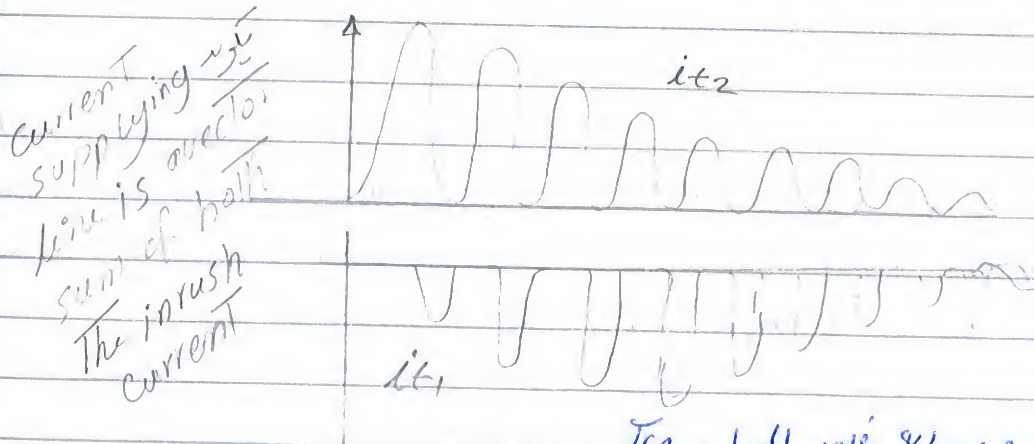
⇒ The inrush current is supplied by the generator through the impedance of the transmission line, the inrush current has a "DC component" which decays with a long time constant. This decaying "DC component" produces a voltage drop in the

"resistance" of The Transmission line. The "DC Voltage drop" is of a polarity as shown in Figure.

لنفرض أن الـ "positive dc component" تنتقل في الاتجاه الموجب ذلك لأن الـ generator ثم تولد خرج الـ "purely AC" ولا تتأثر بالـ Voltage drop

⇒ it's clear That The voltage of Bus "A" acquires a negative DC Component "This result in a negative change in The flux linkages of The two Transformer Cores"

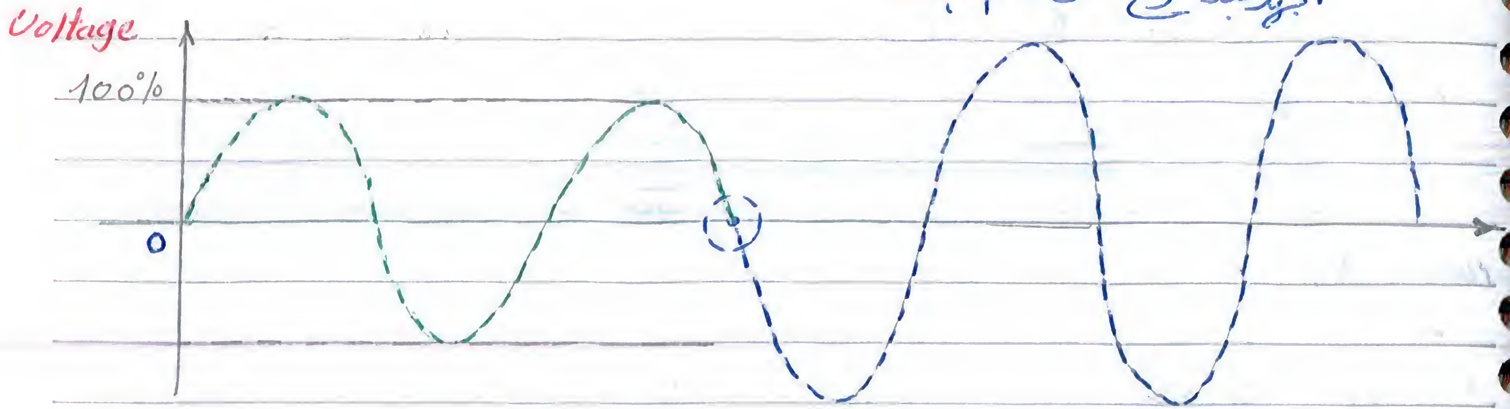
⇒ The effect of This flux change is To take T_2 out of saturation and Cause a possible saturation of T_1 in The negative direction. Consequently, The inrush in T_2 decreases in time, and The inrush in T_1 increases in The opposite direction

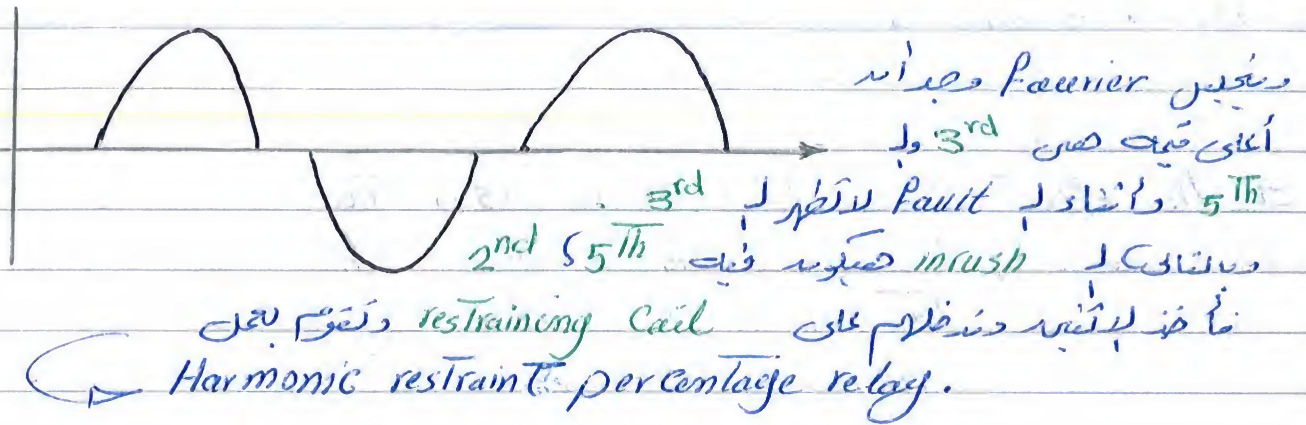


هذه الظاهرة لا تحدث عند بداية تشغيل المحول Tr2
تحدث ظاهرة تسمى بالظاهرة الانتقالية وهي أنه المحول Tr2 عند بداية تشغيله يحمله inrush وبالتالي يحدث تغير في الفيض على الـ Bus Bar "A" ويصل inrush للمحول Tr1 وبالتالي لو خرج Tr2 فإن Tr1 سوف يخرج أيضاً.

ملاحظة: أيضاً يحدث شيء آخر في غاية الأهمية وهو لو المحول شايل حمل ودخل المحول الثاني مع الشبكة فإن الحمل على المحول هيزيد والمحول مسموح له بزيادة ±5% فقط وبالتالي لو زاد عن هذه القيمة الـ core سوف يصل إلى حالة الـ Saturation

" الجهد بعد طرح الحمل من الشبكة "

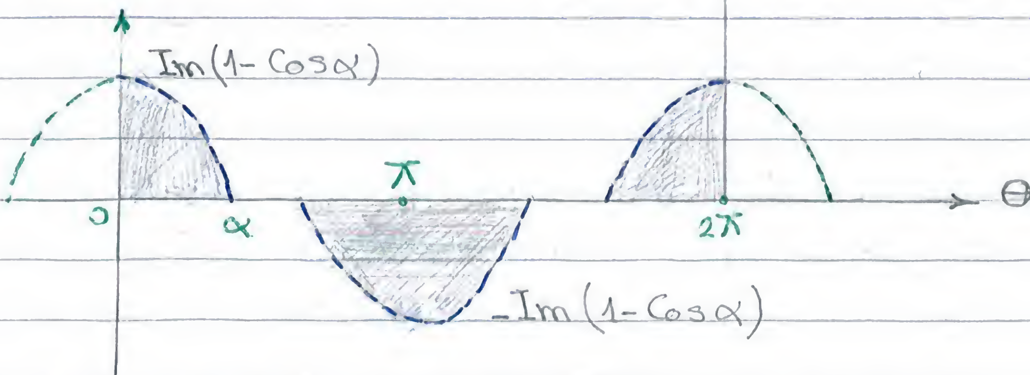




وبتحليل Fourier نجد أن
أعلى قيمة هي 3rd وال
5Th وأثناء ال fault لا تظهر ال 3rd
وبالتالي ال inrush هيكون فيه 2nd & 5Th
نأخذ الإشارة وندخلهم على restraining Coil ونقوم بعمل
Harmonic restraint percentage relay.

طرح الحمل

③ Transformer overexcitation. During load rejection and certain other operating Condition, a transformer may be subjected to a steady-state overvoltage at it's nominal frequency, During overexcitation, The Transformer flux remains symmetric, but goes into saturation for equal period in the positive half-periods of the wave form.



$\therefore\ i(\theta) = I_m(\cos\theta - \cos\alpha)$, $0 \leq \theta \leq \alpha$

$2\pi - \alpha \leq \theta \leq 2\pi$

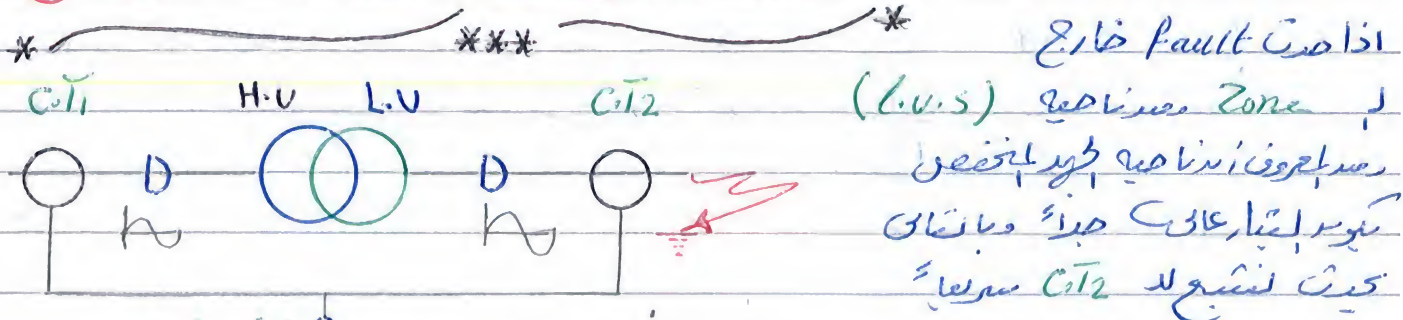
$\therefore\ i(\theta) = 0$ $\quad \alpha \leq \theta \leq \pi - \alpha$

$\pi + \alpha \leq \theta \leq 2\pi - \alpha$

$i_m = i(\theta) = -I_m(\cos\theta + \cos\alpha)$, $\quad \pi - \alpha \leq \theta \leq \pi + \alpha$

By Fourier :, even harmonic is zero. The highest odd harmonic are 3^{rd} and 5^{th}, 5^{th} is used as a supervising component for transformer overexcitation in the harmonic restraint percentage relay.

(5) C.T : Current Transformation.



اذا حدث fault خارج
ال Zone مصر ناحية (L.V.S)
مصدر و من ناحية الجهد المنخفض
يكون التيار عالي جداً وبالتالي
حيث تتشبع ال CT2 سريعاً

i_1

pure sine wave

α π $2\pi-\alpha$ 2π

موجة ال C.T1

i_2

موجة ال CT2

عند طرح موجة التيار للمحول
CT2 من موجة التيار للمحول
CT1 فانت نتيجة الاتي

$i_1 - i_2 = I_d$

"differential" Relay wave form

$2\pi-\alpha$ 2π α π

The differential current in the relay will then equal the "red" wave form which the difference between the unsaturated current wave form and the saturated current.

∴ $i_d = i(\theta) = \text{Zero}$ AT $\pi \le \theta \le 2\pi - \alpha$ & $0 \le \theta \le \pi - \alpha$

∴ $i_d = I_m \sin\theta$ AT $\pi - \alpha \le \theta \le \pi$ & $2\pi - \alpha \le \theta \le 2\pi$

8-5 Supervised Differential Relay.

تعتبر من أولى الأفكار الواردة لمنع عمل differential Relay عند عملية energization
هو عدم الإحساس تلك الفترة وذلك عن طريق عمل delay له بمقدار زمن التشبع ويكون
بالـ msec ولكن هذه الطريقة لها خطورة كبيرة وهي لو أن المحول كان في حالة إصلاح
ثم نريد أن ندخله energize له ونفترض أنه ما زال هناك بعض الأعطال موجود فنحن نريد
الذي وصوله للريلاي يعرض المحول " fault " تؤدي إلى تدمير مرة أخرى.

وعليه فهذه الطريقة غير سليمة لأنه لا يترك أي معدة بدون حماية ولو لثانية واحدة فقط
تم اللجوء لطريقة أخرى وهي مراقبة الجهد " Voltage supervision "

∴ It may be expected that during the inrush condition, the transformer voltage would be close to normal. While, during faults the voltage would be much less.

أنه يكون من المتوقع أن يكون جهد المحول أثناء حالة " inrush " يكون الجهد طبيعي
ولكن عند حدوث " fault " أو في حالة الـ fault يكون الجهد صغير.

So an undervoltage Relay may be used to supervise the differential Relay, if the undervoltage can be set to distinguish between a normal transformer and a faulted transformer.
Then ∴ it could be used to block the differential when it's detect a voltage above it's setting.

ويستخدم في هذه الطريقة " under voltage " مراقب للـ " differential "
ويجب أن يكون قادرة على التفرقة بين " Faulty & Healthy " ويستخدم لعمل
Block للـ " differential " عندما نصل الجهد إلى قيمة الـ setting.
ولكن هذه الطريقة أيضاً تسبب مشكلة لأن الـ " under voltage " يكون بطيء العمل
وبالتالي تصبح " protection become slower " بالإضافة إلى أنه يحتاج إلى
" Voltage source for the Transformer relay " وهذه تعتبر تكلفة إضافية على نظام الحماية

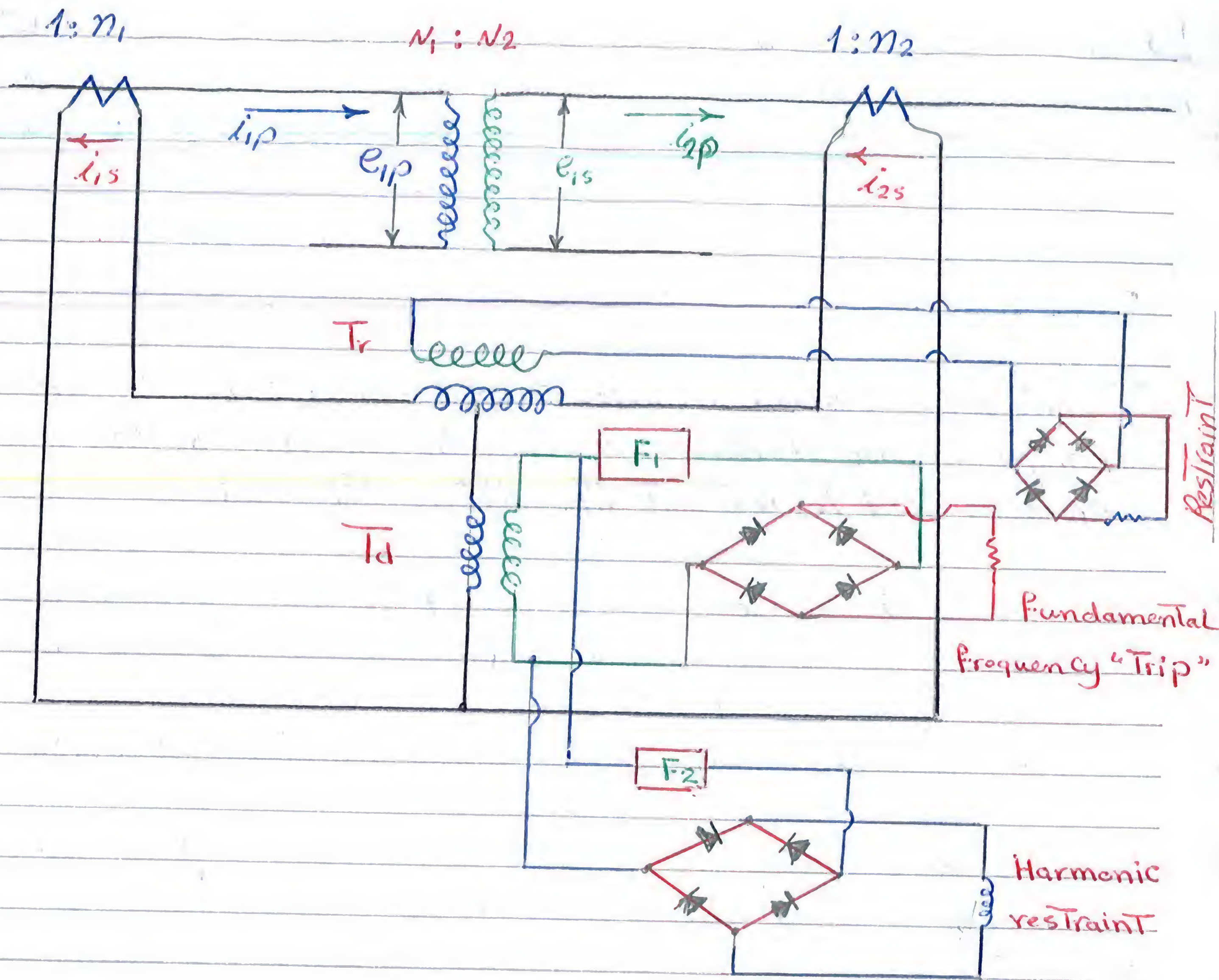


Figure (8-11). Harmonic restraint percentage differential relay. F_1 is a pass-filter, and F_2 is a block-filter for a fundamental frequency.

مد الطرد المستخدمة في حماية ال "large power Transformer" تعتمد على إستشعار ال "Harmonics"

The method currently is use on large Transformer is based upon using the harmonic characterization of inrush and overexcitation current.

∴ The differential current is almost purely sinsoidal when the Transformer has an internal fault, whereas it's full of harmonics when the magnetizing inrush current is present, or when the Transformer is over excited.

تيار الـ differential relay في حالة الـ Fault تكون عبارة عن Fundamental فقط في حالة internal Fault ولكن في حالة inrush وكذلك over excitation تكون عالي بالـ "Harmonic".

⚠ الـ operating Current في (87Tr) تكون "pure sin wave" أي عبارة عن Fundamental frequency فقط

The differential current is filterd with filters tuned to an appropriate set of harmonic, and the out put of the filters is used to restraint the differential relay.

يتم أخذ تيار الـ differential وعمل فلترة له ويتم أخذ منه الـ Fundametal frequency والـ Harmonic Component كل على حده الـ Fundamental هي التي تدخل على operating coil والتي تستخدم على لتشغيل الريلاي ويتم أخذ Harmonics وإضافة إلى Restraining coil حتى تولد Force مانع للتشغيل في حالة الـ normal

⇐ ففي حالة الـ Transformer energization يكون الـ inrush قيمته حوالي من (8 إلى 10 I.f.l) فيقوم الـ filter بإستخلاص الـ Harmonic ويكون الـ setting لو كانت قيمة الـ Harmonic > setting يتم عمل Block على fundamental frequency component وبالتالي لا يعمل الريلاي عند الـ energization

In the last Drawing ⇒ The restraint current is obtained from the Through - Current Transformer (Tr) while the operating current is obtained through the differential Current Transformer (Td)

∴ Tr → restraining Transformer.

∴ Td → operating Transformer.

⇒ The differential current is filterd through a fundamental frequancy band-pass filter to provid the normal operating current (filter F_1)

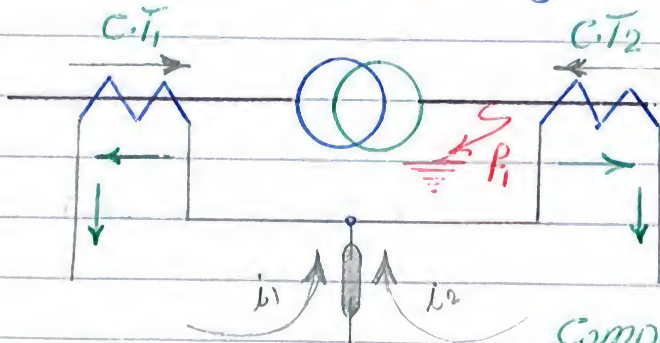
⇒ The differential current is passed through a fundamental frequency blocking filter (Filter F_2)

F1 → يعدي الـ Fundamental فقط لتفعيل الـ operating
F2 → تقفل الـ Harmonic من تيار الـ differential ويتم منع الـ setting لها وتقفل بناء على Blocking
الـ Fundamental وبالتالي يعمل Blocking on (87Tr)

⊕ عندما يكون النسبة الـ Harmonic Current إلى Fundamental Current أكبر من أو يساوي 15% يتم عمل Blocking on differential relay

when $\left(\frac{I_{2f}}{I_{1f}} \geq 15\%\right)$ This setting is sufficient to prevent operation of the differential unit for all inrush condition

⚠ with more modern steel being used in modern Transformer it has found that often the harmonic content of the inrush current may be as low as (7%)



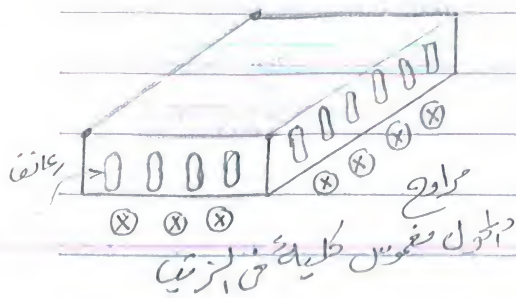
عند حدوث عطل داخلي internal fault يحدث أن CT2 عليه يحدث له تشبع وبالتالي ينتج عنه 3rd Harmonics Component تجعل الـ relay يعمل restraint ولا تمنع الـ differential ... لا تمنع التشغيل في هذه الحالة وهي حالة " internal fault "

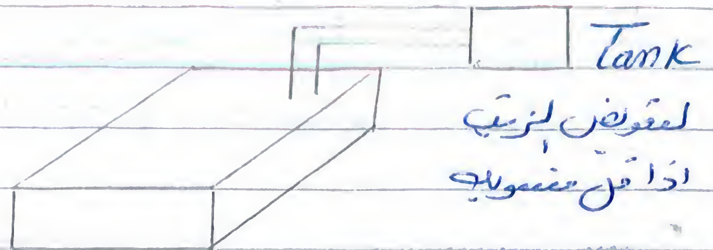
⊕ Care should be taken to make sure that third harmonics component produced in a saturated C.T secondary current during an internal fault is not of sufficient magnitude to block Triping of the differential relay.

بعض أجهزة الوقاية الحديثة تستخدم 2nd وكذلك 5th وتضاف إلى Restraint coil حتى تولد قوة تمنع عمل Relay Triping في حالة الـ inrush و over excitation ولا تعمل Relay Blocking في حالة

→ Internal fault with C.T Saturation

مثال توضيح سر الـ "Oil Transformer"





⁘ What do you mean by Restricked Earth fault protection?

Restricked Earth fault protection for Generator and Transformer. يستخدم هذا النوع من الحماية لكل من المولد والمحول بشرط أن يكون هناك neutral Earthed

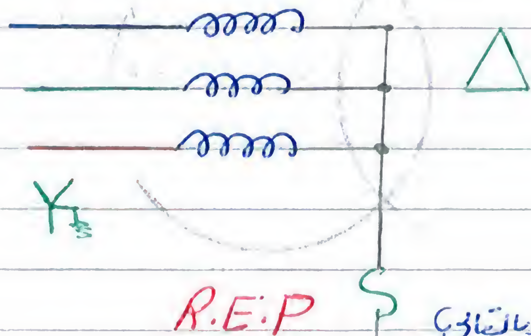
"R.E.P" يعني لو المولد "Solid Isolated" بالتالي لا نستطيع عمل

أيضاً لو المحول



لابد أن تكون الـ winding لها طرف أرضي حتى يتم عمل (R.E.P)

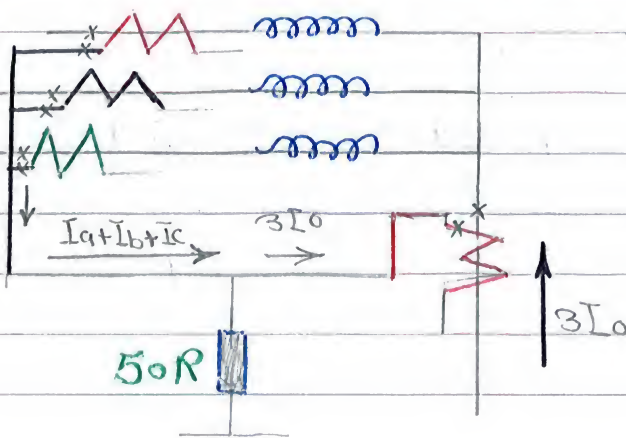
⁘ This type of protection is usually applied for a "Y" earthed winding



الـ "R.E.P" هو الـ "Differential" Relay للـ "Zero sequence" current

هذا التيار يمر في الـ neutral وبالتالي يتم وضع الـ CT في الـ neutral

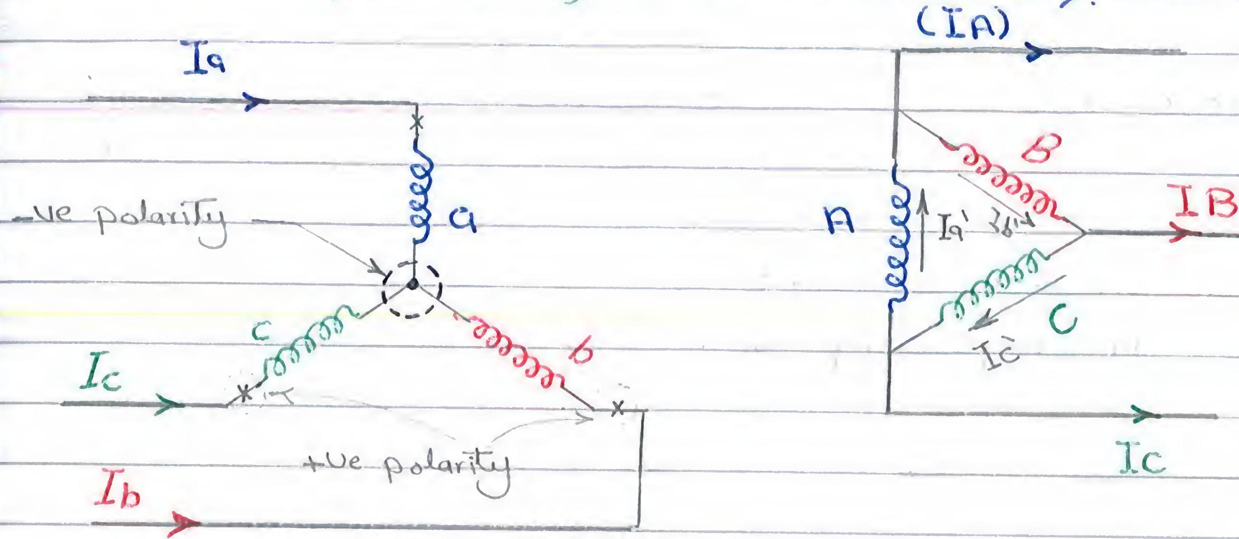
$(3I_0 = I_a + I_b + I_c)$

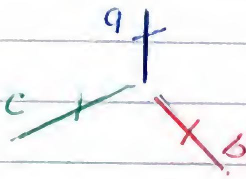


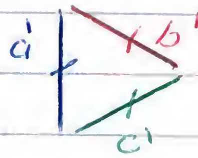
1. "3ϕ power Transformer Vector group"

*~~~~~~~~~~~~~~~***~~~~~~~~~~~~~~~*

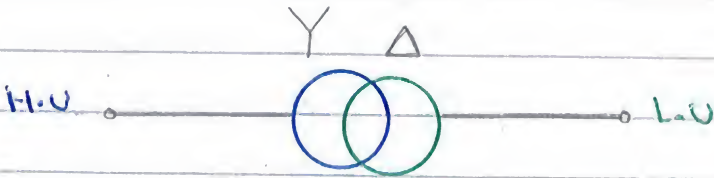
خاص بالعلاقة بين الـ "Vectors" سواء كانت تيار أو جهد (I,V) في أوجه الابتدائي والثانوي من وجهة " point of angle vector view "







⚠ دائماً نرسم الحول هنا أي كل winding في الابتدائي ربما نباظرها في الثانوي .

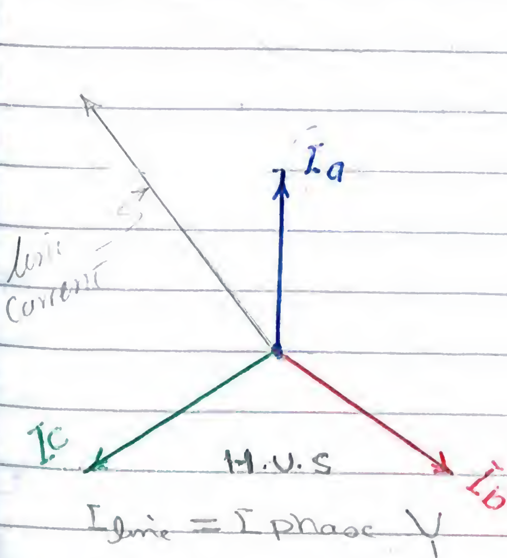


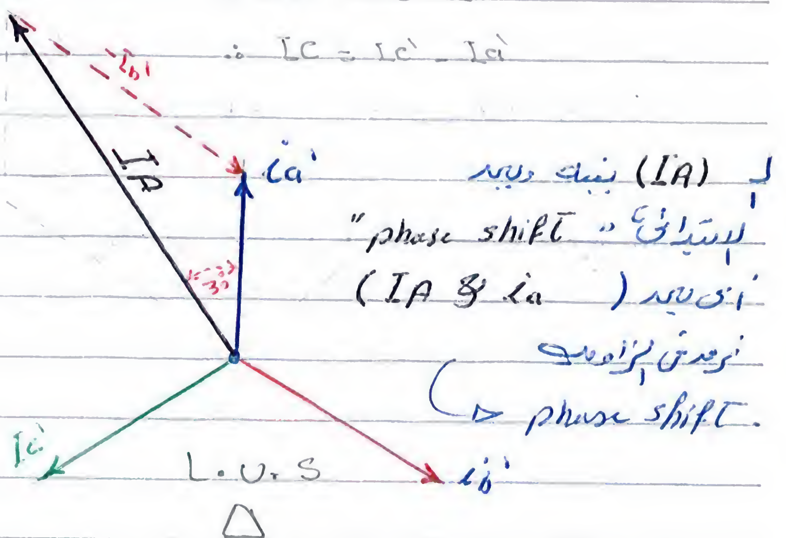
* يتم عمل الـ " Vector group "
بناءً على الـ " line current "
وليس على " phase current "

$\therefore I_A = I_{a'} - I_{b'}$

$\therefore I_B = I_{b'} - I_{c'}$

$\therefore I_C = I_{c'} - I_{a'}$





لـ (IA) بنبه ديد لابتدائي " phase shift "
أي بين (IA & ia)
نرمز لها بـ
⊳ phase shift.

ال "d" في ال "Delta" small letters تأخذ ال L.V.s
دال "D" في ال stare capital letters تأخذ ال H.V.s

Y d

عشان أعرف ال "vector group" أشوف ال L.V. current بيlag بمقدار إيه عن ال H.V. current

∴ IA lags (-30 Ia)
∴ IA lags by (330 Ia)

∴ clock 12 * 30 → 360°

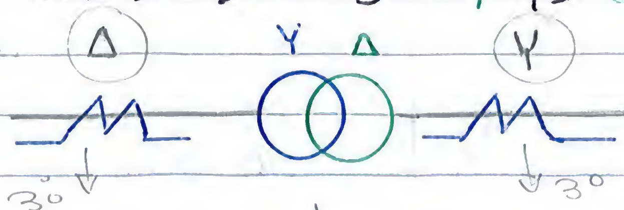
∴ what do you mean by Y d 11 ?
H.V L.V

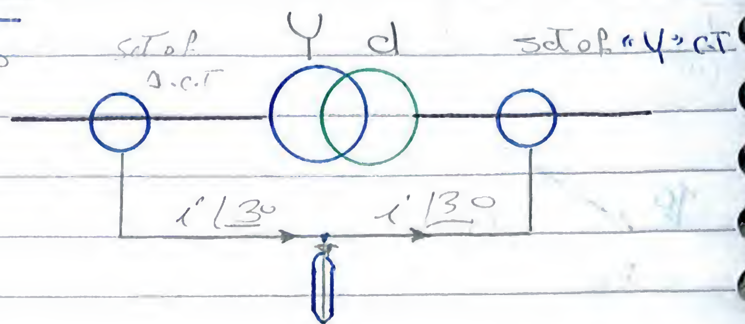
Y H.V ← توصيله ال (H.V) تكون stare
d L.V ← توصيله ال (L.V) تكون delta
11 ← clock no. (11)

← وهذا يعني أن تيار ال "H.V" متأخر عن تيار ال "L.V" بزاوية 330°
يعني أن تيار (IA) متأخر عن تيار (Ia) بـ 330°

Y d 1 → تيار IA متأخر بزاوية (30°) عن ال (Ia)

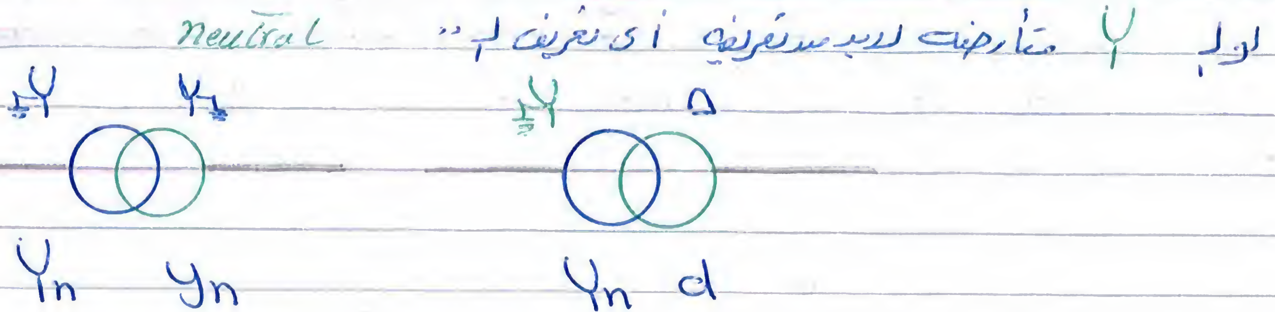
⚠ توحيد توصيلات معينة يخلي ال "phase shift" يساوي صفر
* يعني ال Δ تعمل زاوية 30 وال Y تلاشي "أي تلغي" الزاوية "





* نبدأ بال " H.V.S " أولاً نعمله Capital letter وبالتالى small letters.
ثم بعد ذلك لازم تفرق ال " phase shift " دائماً تكون (1 ، 5 ، 11)

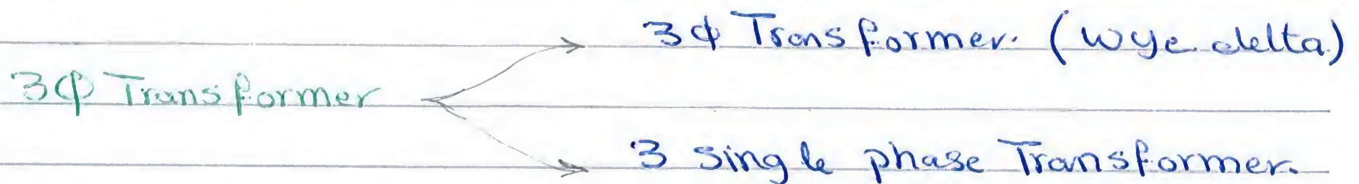
اول ال Y متعارف عليه لابد من تعريفه اى تعريف ال " neutral "



⊛ Three phas (3φ) Transformer differential Relay.

∴ 2 winding (seccondary _ primary)
∴ 3 winding (secondary _ primary _ tertial)

جانب ال " 3φ Transformer " نحتاج إلى تيارات مدل "primary"
ال " secondary " لل " 3φ " نقارنها فردياً للتشغيل diff protection of 3φ Transformer

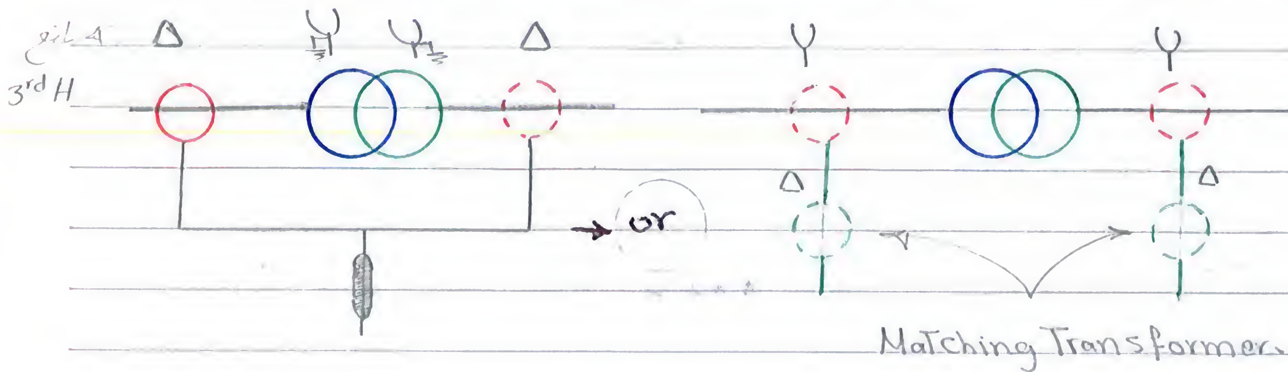


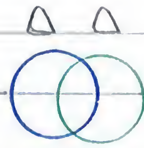
∴ in 3 single phase → Current in primary and secondary in phase)
in wye _ delta → line Current on The wye _ delta sides of 3φ Transformer are out of phase by (30°)

دائماً فى الشبكه المحول يوضع بعد المولد والمولد خرجه أصلاً يحتوى على 3rd Harmonics
وأنا نخاف من ال 3rd Harmonics اى انها ممكن تصل الى قيمة ال setting التى
تعمل على ال Block فى الحاله ال differential وبالتالى normal لازم أعمل Block
نجيب منين خلقه للريلاى وبالتالى علشان اعمله Block أعمله توصيله شغلها Delta
لابد من المعروف انه توصيله ال Delta تقوم بحبس موجه ال 3rd Harmonic بداخلها
ولا تخرجها لكن تكلبس توصيله ال Star لا تفعلها .

∴ This phase shift Cause a standing differential Current

(D) The diffculty is resolved by connecting The Current Transformer on wye side of The power Transformer are connected in Delta, and The current Transformer on The delta-side of The power Transformer are connected in wye.



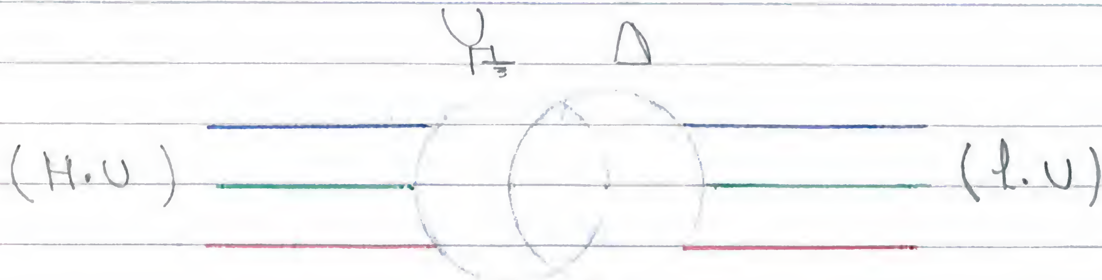


Matching Transformer

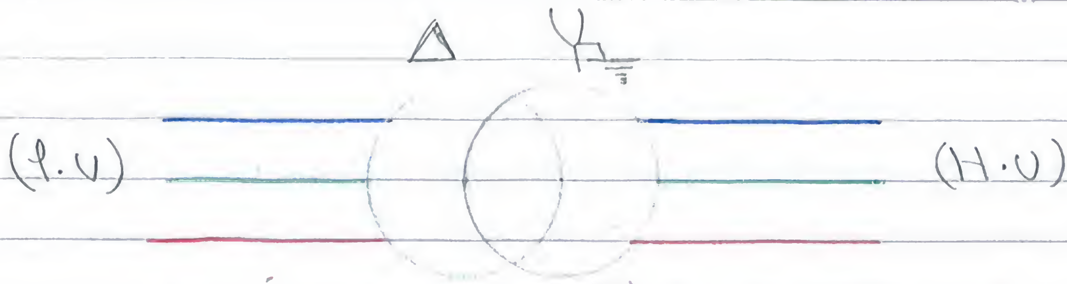
Δ Δ

لو المحول الرئيسي Δ/Δ

ممكن يتم عمل design لل "diff. relay" لازم أشتغله على "Max full load"



" 3φ power Transformer "



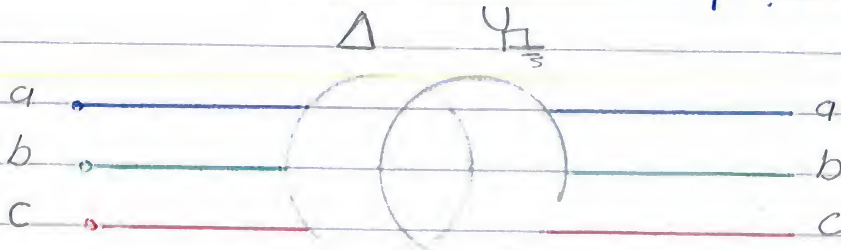
يتم حساب $I_{L.V}$ ، $I_{H.V}$ وسطاهم كنسب لـ C.T ratio ثم بعد ذلك نعمل

→ design for Transformer differential protection Relay "87Tr"

Example 8.4. Consider The Three-phase Transformer bank shown in The figure, The Transformer is rated 500 MVA at 34.5 "delta" / 500 "wye" kV.
∴ design The protection system for 3ϕ Transformer. Yd1

الحل.

* First we calculate The line Current in "H.V.S" & "L.V.S"
line current أول شيء نقلت من حساب ال

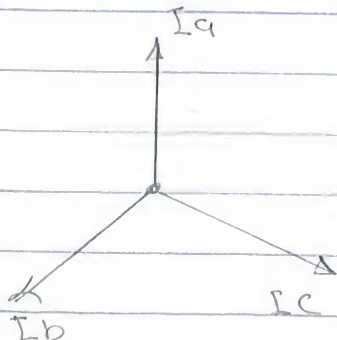


$$\therefore S = \sqrt{3}\, I_{H.V}\, V_{H.V} = \sqrt{3}\, I_{L.V}\, V_{L.V}$$

$$\therefore I_{H.V} = \frac{500 * 10^6}{\sqrt{3} * 500 * 10^3} = 577.35\, A$$

$$\therefore I_{L.V} = \frac{500 * 10^6}{\sqrt{3} * 34.5 * 10^3} = 8367.4\, A$$

* Three phase Current on The Y (wye) side are.
phase (a) نأخذ ال ref لل (H.V) دتكون ال



$$\therefore I_a = 577.35 \angle 0 = (577.35 + j0)\ \text{amp}$$

$$\therefore I_b = a^2 I_a = 577.35 \angle -120$$

$$\therefore I_b = -288.67 - j800\ \text{amp}$$

$$\therefore I_c = a I_a = 577.35 \angle 120$$

$$I_c = (-288.67 + j800)\ \text{amp}$$

* The current on the delta side of the power transformer are given by.

∴ Yd_1 → i_A lags I_a by $(+30°)$ +ve

L.U.S

∴ $I_A = 8367.39 \angle 30°$ "ref"

$= 7246.38 + j4183.7)$ amp

i_A, i_A, $30°$

∴ $I_B = I_A \angle 90° = -j\,8367.39$ amp

∴ $I_c = I_A \angle 115° = -7246.38 + j\,4183.69)$ amp

∴ $I_A = 7246.38 + j4183.7$ Δ Y_1

$I_a = 577.35 + j0$ amp

∴ $I_B = 0 - j8367.4$

$I_b = -288.67 - j800$ amp

$I_c = -288.67 + j800$ amp

$I_c = -7246 + j4183.64$

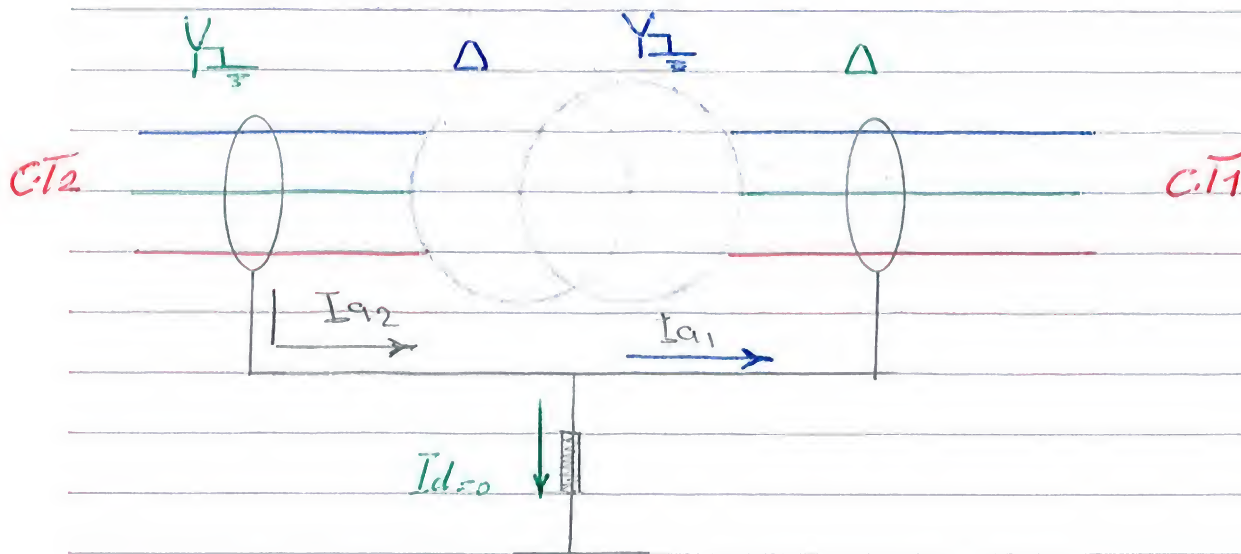
* إحنا عايزين نصمم الـ protection system

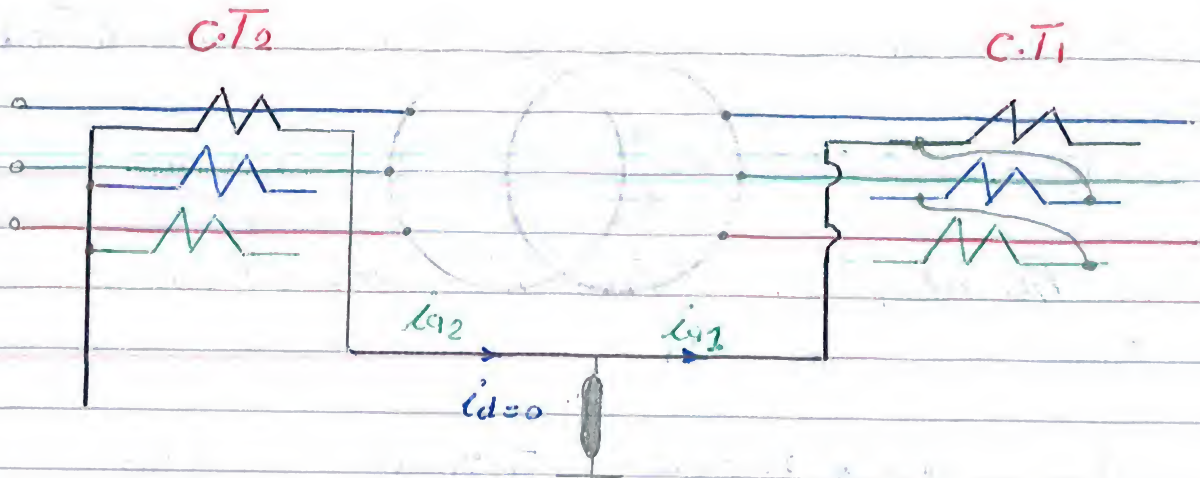
الـ "Y" بتخرج زاوية zero.

الـ "Δ" بتخرج زاوية 30.

ومن ثم تلاشي الـ phase angle يتم وضع مجموعة الـ C.Ts في ناحية الـ delta

على شكل نجمة "star" وكذلك مجموعة الـ C.Ts من ناحية الـ Y على شكل delta





"C.T ratio" نبدأ بحساب الـ

∴ Findout C.T ratio starting with The C.T which is connected in star From "L.V.S"

∴ The primary current = 8367.39 amp
we must select The nearst standard.

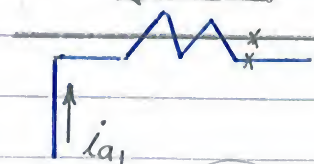
∴ C.T ratio = 9000/5 = 1800 ⇒ $n_{c2} = 1800$

∴ $i_{a2} = \frac{8367.39}{1800} = 4.65$ amp

$(i_{a2} = i_{a1})$ علشان التيار الفرق $(i_d = 0)$ زي ما لازم

∴ line تيار الـ $= \sqrt{3}\ I_{phase}$ (in delta connection)

∴ $i_{a2} = i_{a1} = \sqrt{3}\ I_{a\ C.T_1}$
$i_{a2} = i_{a1} = 4.65$ amp



∴ I_{a1} (secondary current For C.T1) $= \frac{4.65}{\sqrt{3}} = 2.68$ amp

Then The turns ratio of The C.T in "H.V.S"
∴ $n_{c1} = \frac{577.35}{2.68} = 1077/5$

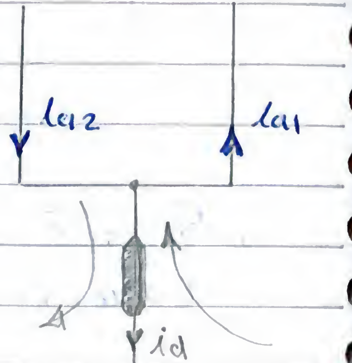
∴ select The nearst value ∴ $n_{c1} = \frac{1000}{5} = 200$
∴ $n_{c1} = 200$

∴ Then the secondary current in the delta C.T connection.

∴ $I_{aC.T_1} = 577.35 * \frac{5}{1000} = 2.886\ Amp$

∴ Then the relay current from the delta C.T connection equal $= \sqrt{3} * I_{aC.T_1}$

$I_{a_1} = \sqrt{3} * 2.886 = 5\ Amp$



∴ $I_{a1} = 5\ Amp$ & $I_{a2} = 4.65\ amp$

→ This is not exactly equal to the line currents produced by c.ts on "34.5 KV"

∴ $i_d = i_{a_1} - i_{a2} = 5 - 4.65 = 0.35\ A$

△ Y⏚

$n_{C2} = 1800$ $n_{C1} = 200$

IA IB IC Ia Ib Ic

"L.V.S" "H.V.S"

i_{d_1} i_{d_2} i_{d_3}

كل فازة ريلاي بيمر فيها تيار خاص بيها

phase (a) phase (b) phase c

$\therefore n_{c_2} = 1800$

$\therefore n_{c_1} = 200$

$I_A = 7246.38 + j4183.7$

$I_a = 577.35 + j0$

$I_B = 0 - j8367.4$

$I_C = -7246.38 + j4183.64$

I_a', I_b, I_b', I_c, I_c'

$4 + j2.3$

$0 - j4.65$

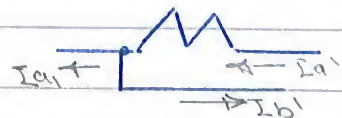
$-4 + j2.3$

I_{a_1}, I_{b_1}, I_{c_1}

i_{d_1}, i_{d_2}, i_{d_3}

$\therefore I_b = -288.67 - j500$

$\therefore I_c = -288.67 + j500$



$\therefore I_{a_1} = I_a' - I_b'$

$\therefore I_a' = \dfrac{577.35 + j0}{200} = 2.886 + j0$

$\therefore I_b' = \dfrac{-288.67 - j500}{200} = -1.44 - j2.5$

$\therefore I_{a_1} = (2.886 - j0) - (-1.44 - j2.5) = 4.32 + j2.5\ A$

$\therefore I_{b_1} = I_b' - I_c'$

$\therefore I_b' = -1.44 - j2.5\ A$

$\therefore I_c' = -1.44 + j2.5\ A$

$\therefore I_{b_1} = -1.44 - j2.5 - (-1.44 + j2.5) = -j5\ A$

$\therefore I_{c_1} = I_c' - I_a'$

$\therefore I_{c_1} = -4.32 + j2.5\ A$

$\therefore \dot{I}_{d1} = I_{a1} - I_{a2} = 4.32 + j2.5 - 4 - j2.3$

$\therefore \dot{I}_{d1} = 0.32 + j0.2$ Amp

$\therefore \dot{I}_{d2} = I_{b1} - I_{b2}$

$\therefore \dot{I}_{d2} = 0 - j5 - (-j4.65) = 0 - j0.35$ Amp

$\therefore \dot{I}_{d3} = I_{c1} - I_{c2}$

$= -4.32 + j2.5 - (-4 + j2.3) = -0.32 + j0.2$

ماهي فائدة ال Zeg Zag Transformer ؟ (تعريف)

① تستخدم لعمل تنظيم للجهد " Voltage Regulation

② الإستخدام الرئيسي لها إذا لو عندي دائرة ليس فيها "Earthing point"
أو neutral point فيتم استخدام ال Zeg Zag
لعمل Earthing أي تسمح بال Zero sequence بالمرور.

(*) Volts-per-Hertz protection.

∴ Transformer cores are normally subjected to flux levels approaching the knee point in their magnetizing characteristic.

⇒ The rated voltage at rated frequency may be "10%" below the saturation level.

⇒ if the core flux should exceed the saturation level, the flux patterns in the core and structure would change, and significant flux levels may be reached in the transformer tank

مهم

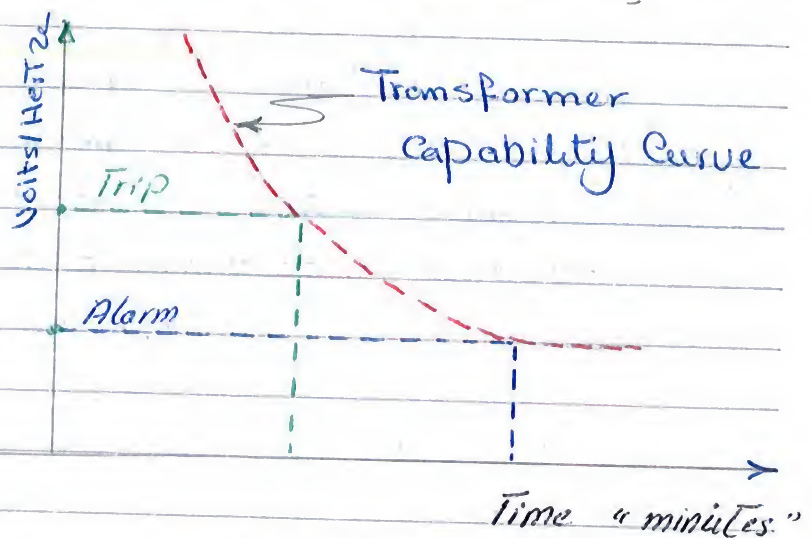
And other structural members. As These are not laminated Very high eddy Currents are likely To result, producing severe damage To The Transformer.

لو زاد الفيض في المحول عند حد التشبع فإننا نجد أن معظم الفيض في الحلقات الحديدية والأجزاء المحيطة، وحيث أن الفيض عنده يصل إلى جسم الخزان وأجزاء المحول وبعض الأجزاء الأخرى والتي لا تعتبر جزء مصمت وليست معزولة فإنه هذا الفيض يولد emf على الـ structure وبالتالي يمر very high eddy current مما يؤدي إلى تدمير المحول.

$\therefore V_m = E.m.f$

$= 4.44 \phi f N \times 10^{-8} \, V$

$\therefore flux(\phi) = K \dfrac{E}{f}$



هذا الريلاي "over flux Relay" هذا الريلاي يعطي (alarm) عند قيمة معينة لل $\frac{Voltage}{HerTz}$ ويعطي Trip عند قيمة ثانية $\frac{Volts}{Hertz}$.

$Alarm = \frac{V}{f} = 1.05 \, \frac{Volt}{Hz}$ & $Trip = 1.1 \, \frac{Volts}{Hz}$

oil Transformer

بدون تانك → Hermedicaly
↓
pressure switch and Thermal Relay

تزود بتانك للتوليف → with Conservator
↓
- pressure switch
- Thermal Relay
- Buchholz Relay

(8-8) Non-Electrical protection Devices.

** ——— *** ——— **

. pressure Devices . Avery sensitive form of Transformer protection is provided by relays based upon amechanical principle of operation .

when afault occure inside an oil-filled Transformer tank, The Fault arc produces gases, which create pressure waves inside The oil in The Conservator type of tank construction, which is more common in Europe. hence "Rate of Rise pressure Relay" responds only to rate of rise pressure resulting from internal arcing The main pressure sensing element is apressure actuated micro-switch mounted inside ametalic bellows. Dynamic pressure sequeeze The bellow and operate The micro switch.

∴ Rate of rise pressure relay is generally arranged to trip The Transformer , it Can mounted on The tank

عندما يحدث Fault بداخل المحول لمحاول بالتريب فاندل "Arc" درجة الحرارة يتباعية تعمل على تحليل الزيت الى غاز ١٢ ينتج موجات صرا ضغط داخل المحول ويكون موضوع على إتانك "pressure Relay" تقوم موجات الضغط بالضغط على "Micro switch" بالفعل ويكون مصمم لإرسال إشارة لـ "Trip" إلى المحول.

⚠ لو لـ "Differential Relay" إشتغل ولـ "pressure switch" لم يعمل فإننا ممكن ان نعيد توصيل المحول بالخول ؟ فى الخدمة

أما لو "pressure switch" إشتغل ولم يعمل الـ "Differential Relay" فإننا لا نقوم بتوصيل المحول مطلقاً ‹‹ لابد المحول فى هذه الحطر يكون ››بيفاى ‹‹

تتم عمل ما يسمى "Buchholz Relay" ليقوم بنفس عمل لـ "pressure switch" وذلك يحمى المحول الأكثر مد لـ "pressure switch"

→ "pressure Relif"

Buchholz Relay "Gas Actuated Relay"

principle. The incipient Fault in Transformer Tank below oil level actuate Buchholz relay so as to give an alarm

للأعطال الابتدائية في المحولات التي تحتوي على تانك فإنه يقوم بتشغيل البخلوز لكي يعطي إنذار

The arc due to Fault Causes decomposition of Transformer oil the product of decomposition contain more than "70%" of hydrogen gas, which being light, rises upwards and tries to go into the conservator.

كما قلنا أن الـ " Arc " يعمل على تحليل الزيت وناتج التحليل يكون " 70% " منه هيدروجين ويكون بالطبع ذو كثافة أقل أي أخف فيصعد إلى الخزان " Conservator " ويكون الـ " Buchholz Relay " يكون موضوع عبر الماسورة المؤدية إلى الخزان.

The Buchholz Relay is fitted in the pipe leading to the conservator

يكون مزود بعوامتين أحدهما علوية والأخرى سفلية كل عوامة تحتوي على " مفتاح زئبق " عندما تتحرك العوامة يتحرك الزئبق ويقفل دائرة الـ " Trip & Alarm "

upper Floating → "Alarm circuit" خاصة " العوامة العلوية
lower Floating → " Trip circuit " خاصة " العوامة السفلية

∴ Buchholz relay give an alarm so that the Transformer can be disconnected befor the incipient Fault grows into a serious one.

عندما يحدث عطل حقيقي بداخل المحول فإن ضغط التانك يزداد ويندفع الزيت تجاه الخزان وأثناء الاندفاع عبر خلال " البخلوز " فتحرك العوامة السفلية وتقفل الـ " contact " الخاص بدائرة الـ " Trip " الخاص بمفتاح الـ " Circuit Breaker " ليخرج المفتاح من الخدمة

when a serious short circuit occure in the Transformer, the pressure in the Tank increase, the oil rushes towards the Conservator, while doing so it passes the Buchholz Relay, the baffles "plates" in the Buchholz Relay get pressed by rushing oil, thereby they close

anther switch which in turn closes the trip circuit of "C.B" Thereafter the Transformer is removed from service.

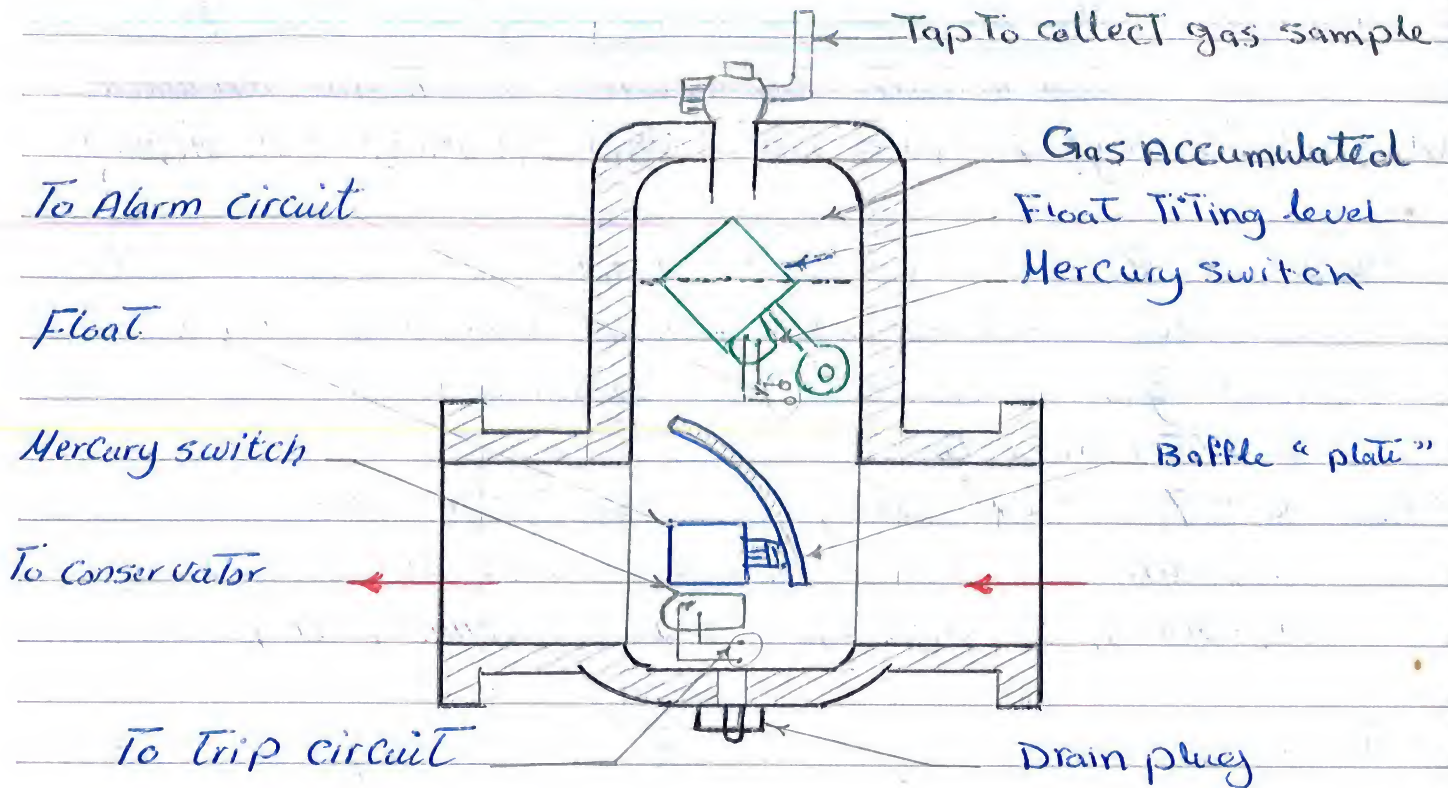


Fig. " Bochholz relay principle "

The decomposition of Transformer oil starts at about " 350°C " يبدأ الزيت في التحلل الى ترسب عند درجة حرارة تصل الى " 350°C "

"Arc Core " arc ← عند حدوث " arc " داخل المحول درجة حرارة تصل الى " 9000°C "

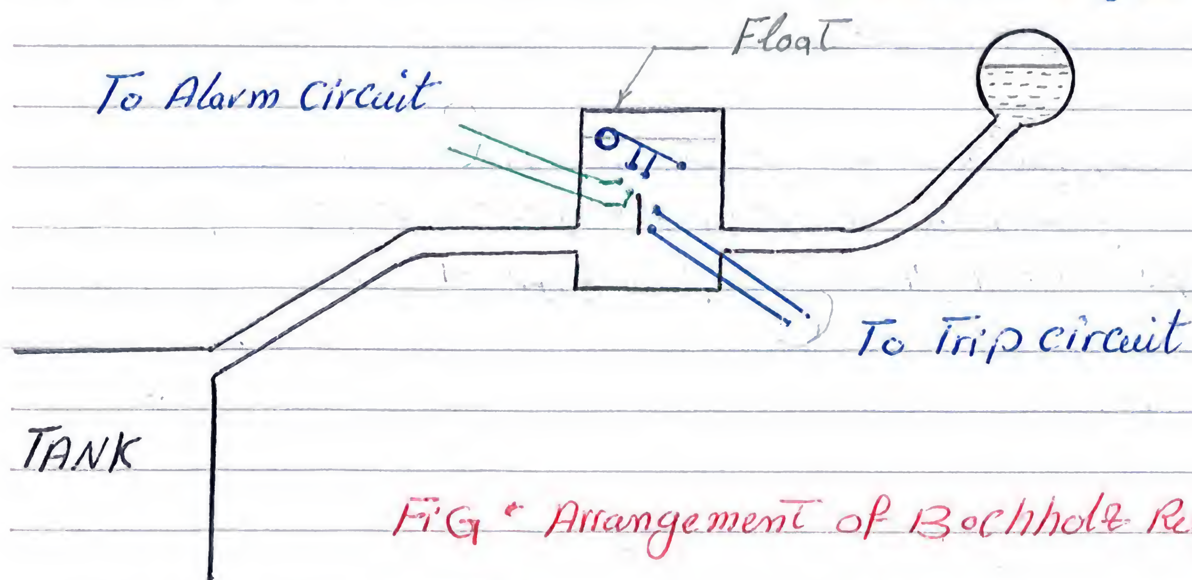


Fig " Arrangement of Bochholz Relay "

The following Types of faults Can be protected by Buchholz relay and are indicated by Alarm

** ** *

(a) Core bolt insulation Faileure. انهيار عزل مسمار القلب الحديدي
(b) Local overheating. ارتفاع درجة الحرارة [illegible]
(c) Entrance of air into The oil. دخول الهواء إلى الزيت
(d) Short circuit lamination "Core" due To burrs.
(e) Loss of oil due To leakage. عند حدوث تسريب في الزيت
(F) Any bad contacts will produce over heat and it will tak along Time for The relay To Trip.

The following Types of faults will at once Trip The Transformer circuit Breaker.

(1) Short circuit between The phases.
(2) Winding short circuit.
(3) Bushing puncture.
(4) Earth Fault in The winding.

ملحوظة

The nominal pipe bore diameter is recommended by "standerd" As
① 25 mm For Transformer up To "1000 KVA"
② 50 mm For Transformer between "1000 To 10000 KVA"
③ 80 mm For Transformer above "10.000 KVA"

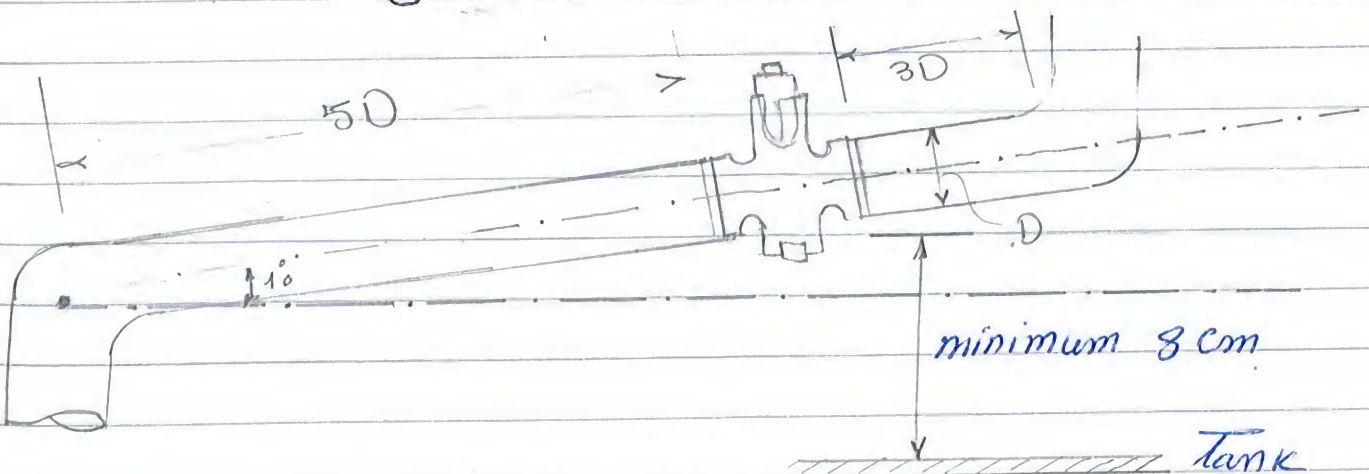


Fig "Installation of Bochholz relay"

Limitation of Bochholz Relay.

Setting the mercury switch cannot be too sensitive otherwise there can be a false operation by "vibration", "earthquakes", mechanical shocks to the pipe, setting of birds etc..

The relay is slow, minimum operating time is "0.1 sec". Average time 0.2 sec, such a slow relay is unsatisfactory.

⚠ A seperate Bochholz relay is provided with a tap changer to detect the incipient faults in the tap-changer, this does not respond to a small arcing.

العوامل التي يتوقف عليها power Transformer inrush current

① size of power Transformer

peak of inrush $\alpha \frac{1}{\text{rate}}$

(sec) duration α rate

② impedance from source to Transformer.

③ magnetic property of core material

④ Remanence of core (knee point)

⑤ moment of Transformer is switched on. switching angle (α)



①

حمدي علي فرحات ١٣

١٥ جبر عبد السلام

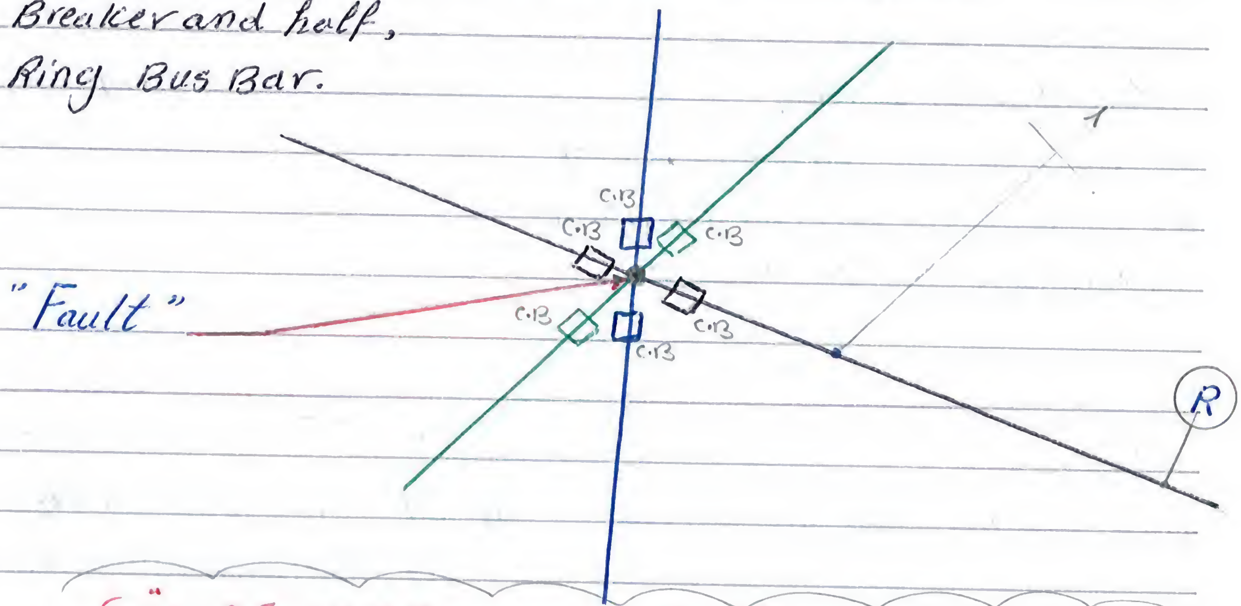
ch.9 Bus Bar protection.

حماية وقضبان التوزيع

(9-1) Bus Bar. It's The connecting point of avariety of elements and anumber of Transmission lines. and any incorrect operation would Cause The loss of all This elements.

" الـ "Bus Bar" هي عبارة عن نقطة "Node" هذه النقطة لها أشكال متعددة many Configuration such as ← كما ذكرنا من العام السابق

① single Bus Bar.
② Dauble Bus Bas with Couple.
③ single Bus Bar with sectionlizer. "Bus Tie"
④ Breaker and half,
⑤ Ring Bus Bar.



لو فرضنا حدث "Fault" في "Bus Bar" فإنه يتم عمل الآتي.

← لابد من تخفيف المنابع الموردة لهذا الـ "Fault" يعني لابد من إخلاء العبارة "يعني كل الـ Circuit Breakers تقوم بالفصل.

" الـ Fault الواقع على البسبار، كما هو موضح بالشكل يكون بالنسبة للريلاي الموضوع على الرسم " Second Zone " وبالتالي سوف تستقر هذا الـ Fault لفترة أطول وبالتالي فإن الـ damage الواقع على الـ Bus Bar سيزيد.

* هذا الـ "Fault" قيمته تكون قريب من الـ "load Current" وبالتالي فإن الريلاي قيمه لا يرى هذا الـ "fault".

* أعتبار " stability " للشبكة سوف تكون في خطر " in risk "
حيث " interreption " لل " intermediate load " بالأحمال المتوسطة

لـ Bus Bar protection هو عبارة عن " Differential protection

* Bus Bar differential protection " 87B "

∴ What is the difference between Bus Bar differential protection and Transformer differential protection ?

ومن المعروف أن الـ Differential relay ينقسم الى

- low impedance relay
  1. over current differential relay.
  2. percentage differential relay.
  3. Harmonic differential relay.
- High impedance relay

Transformer protection	Bus Bar protection.
① C.T Turns ratio are different	① C.T Turns ratio is The same as The voltage is The same.
② C.T mis match.	② No C.T mis match.
③ There is ULTC error.	③ no " ULTC "
④ Inrush Current.	④ No Inrush Current.
⑤ over excitation. " flux "	⑤ no over excitation.
⑥ Trip Causes taken The Transformer out of service.	⑥ Trip all connected element.
⑦ O.C - percentage - Harmonic	

ماهي أنواع الـ differential relay التي تستخدم لحماية الـ Bus Bar ؟

** *** *

لا يستخدم الـ O.C differential relay في حماية الـ Bus Bar لماذا ؟

وذلك لأنه لو الـ "Bus Bar" قريب من الـ "Generator" فإنه سوف يكون له "mail operation" أي سوف يعمل خطأ ويخرج جميع الـ "elements"

⇐ أيضاً لا يستخدم الـ Harmonic restraint differential relay وذلك لأنه الـ "node" ليس بها "Harmonics"

⚠ الذي يستخدم هو الـ "percentage differential relay"

(9-2) over Current Relays.

* *

∴ Differential relaying with overcurrent relay requires connecting current transformers in each phase of each circuit in parallel with an overcurrent relay for that phase.

This fig. shows the basic bus differential connection for a one phase of a three phase system. When conditions are normal the bridge is balanced and no current flows through the relay operating coil.

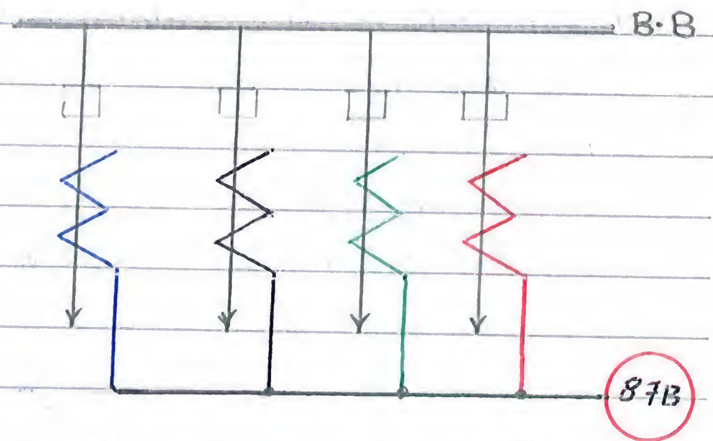


FIG (9.1). Differential with over current.

Case 1

When an external fault occurs, if all of the C.Ts reproduce the primary current accurately, the bridge is balanced as in the normal case and no current flow in the relay operating coil.

Note However, as discussed above, if one of C.Ts saturated the bridge will not be balanced, the error current will flow in the operating coil and an incorrect trip will occur.

داخل

Case 2 When an internal Fault occurs, This balance, as we would expect is also disrupted and Current Flows Through The operating coil, This however is an appropriate Trip situation despit The incorrect C.T performance.

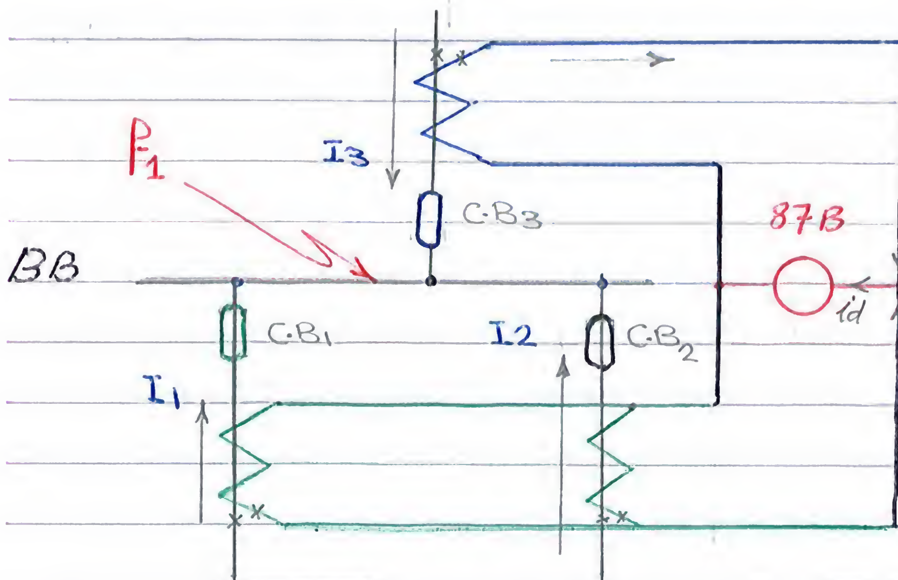
ملاحظة

كما ذكرنا مسبقاً لا يستخدم "O.C.D.R" لحماية "Bus Bar"
القريب من محطات التوليد "Generation station" وذلك لأنه عند
حدوث عطل خارج نطاق الـ "Zone ← Bus Bar Zone" فإننا نجد أن
تيار العطل يكون مصاحب بالـ "DC offset" والتي تأخذ وقت كبير حتى يحدث
لها "اضمحلال" "decaying" وبالتالي فإنه تشتغل الريلاي تباع البسبار وتفصل
أو تقوم بإخلاء البارة تماماً وبالتالي يتم طرح أحمال كثير مما يشكل ما يعود
بالسلب على الـ "Network stability"

والحل

To minimize possible incorrect operations, The over-current relay may be set less sensitive (and/or) time delay

- The induction disc principle makes Thes relays less sensitive To dc and To The harmonic components of The differential Current.
- Solid-state "statics" and digital relay designs must Take Thes Factors into Consideration "في الاعتبار"



$i_d = \sum$ Current.

At normal Condition

$\sum$ Current $= 0$

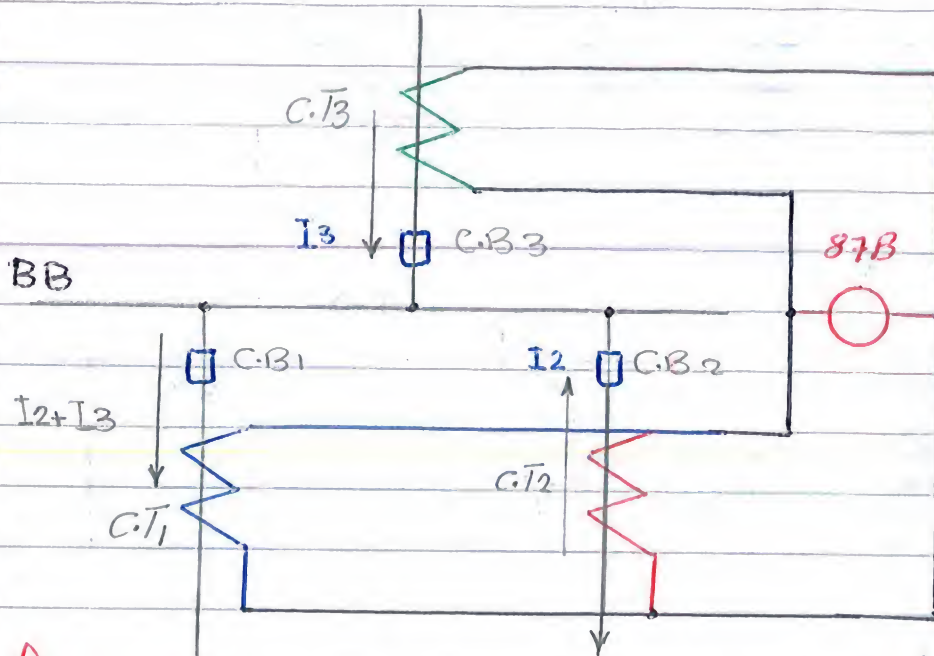
$\therefore i_d \simeq$ zero

At Bus Bar Fault (F_1)

$\therefore i_d = i_1 + i_2 + i_3$

الريلاي سوف يفصل هذا العطل
لأنه سوف يمر فيه تيار الـ
short circuit للعطل فقط.

أما لو حدث External Fault فإنه من المفروض أن الريلاي لا يعمل في هذه الحالة ولكنه وجد الآتي .



* ما زال الـ Contribution بتاع كل element كما هو ولكن "C.T1" هيمر فيه جميع التيارات القادمة من الـ Bus Bar

C.T1 → $I_2 + I_3$

وبالتالي أثناء الـ External Fault تجد أن الـ "C.T" عمله بيحصلها "saturation" وبالتالي عمل الريلاي يحصله "mail operate" أي يشتغل في الوقت اللي المفروض ما يشتغلش فيه ويخرج كل الـ element

محول التيار الـ "C.T" يمر فيه أكبر تيار "مجموع التيارات"

At "F_2" Fault → $C.T_1$ Current $= I_2 + I_3$ which may result in $C.T_1$ saturation.

(9-3) percentage Differential Relays.

To avoid the loss of protection that results from setting the over-current relay above any error current as discussed before in chapter "8", it is common to use a percentage differential Relay. These relays have restraint and operating circuit as shown in the next Figure. only one operating coil per phase is required, but one restraint winding for each phase of each circuit is necessary.

⇒ This is conceptually similar to the Transformer differential discussion in chapter "8"

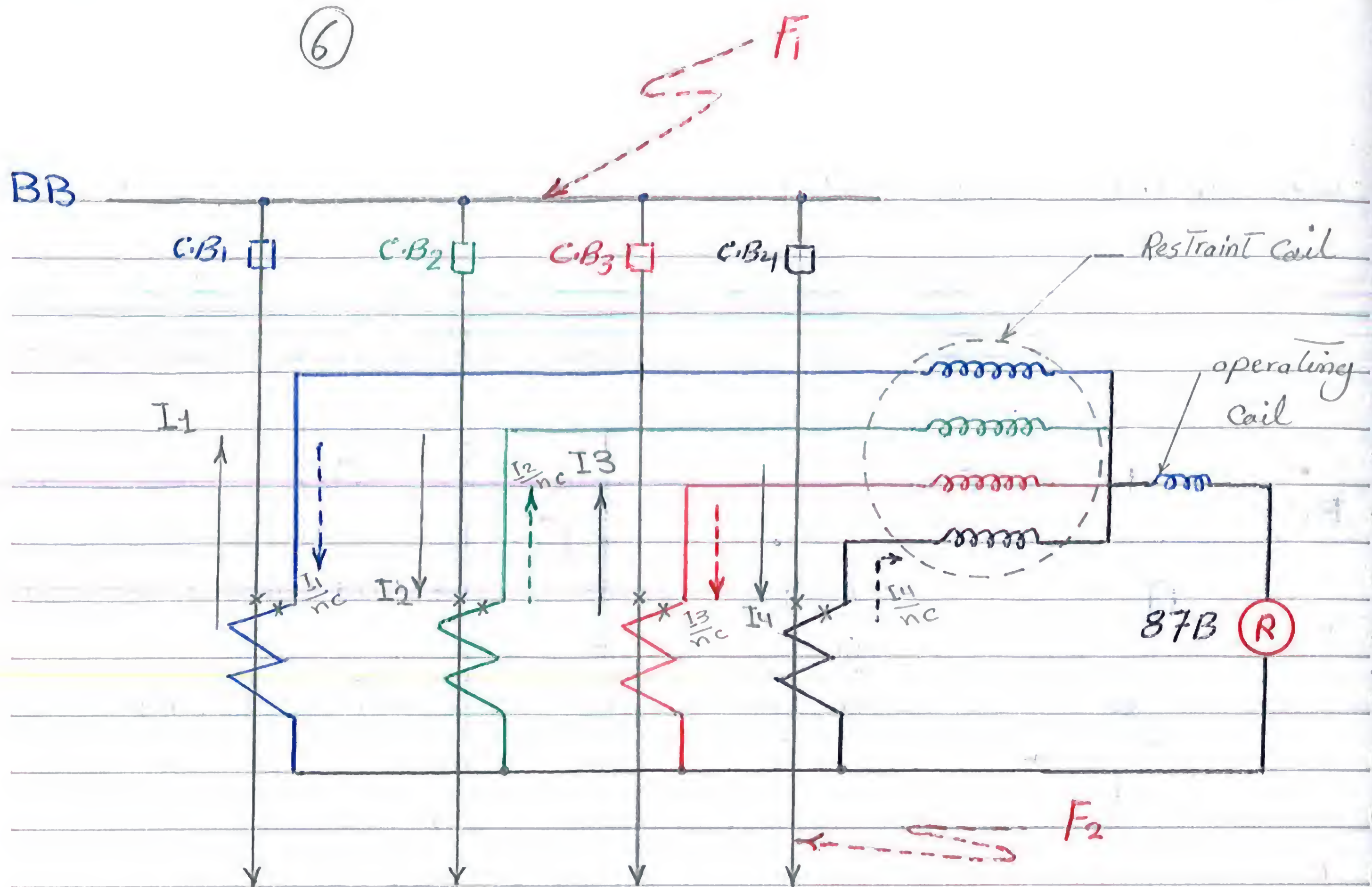


FiG: percentage Differential Relay "

$$(n_{c1} = n_{c2} = n_{c3} = n_{c4})$$

لازم تكون

At normal condition.

$$\therefore i_d = \frac{I_1}{n_{c1}} + \left(\frac{-I_2}{n_{c2}}\right) + \frac{I_3}{n_{c3}} + \left(\frac{-I_4}{n_{c4}}\right) \simeq 0$$

لو ال Turns ratio مش متساوية لازم أخليهم متساويين (أختار أعلى واحدة فيهم وأعدلها) "matching".

لو افترضنا ان فيه Fault في ال "Bus Bar" بشرط انه لا يوجد static load (Z) موصلة معه.

For F1

$$\therefore i_d = \frac{I_1}{n_{c1}} + \frac{I_2}{n_{c2}} + \frac{I_3}{n_{c3}} + \frac{I_4}{n_{c4}}$$

$$\because n_{c1} = n_{c2} = n_{c3} = n_{c4} = n_c$$

$$\therefore i_d = \frac{1}{n_c} (I_1 + I_2 + I_3 + I_4)$$

أثناء ال " internal Fault " التيار المار هو مجموع تيار ال "S.C" الذي يمر في الريلاي وبالتالي يحس الريلاي بهذا ال "Fault" ويقوم بإرسال إشارة.

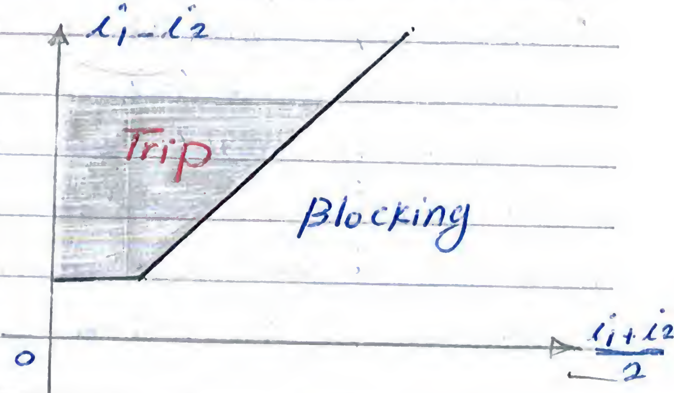
For external Fault. (F2) $\therefore$ if There is no saturation

$$\therefore i_d = \frac{I_1}{n_c} + \frac{I_2}{n_c} + \frac{I_3}{n_c} - \left(\frac{I_1 + I_2 + I_3}{n_c}\right) \simeq zero$$

$\therefore$ if There is a saturation of current Transformer (C.T4)

$$\therefore i_d = \frac{I_1}{n_c} + \frac{I_2}{n_c} + \frac{I_3}{n_c} - 0$$

The relay will operate for This Case at normal and External Fault.

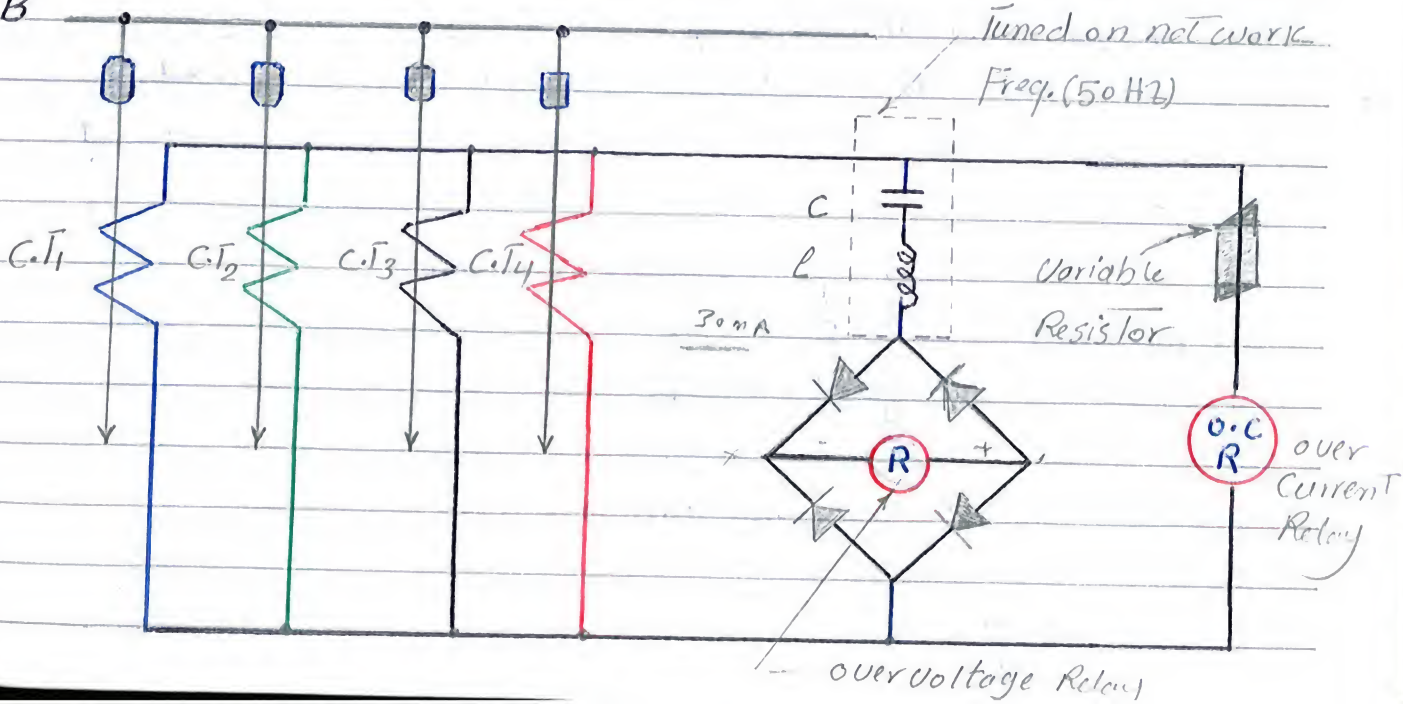


ثانياً

High Impedance Differential Relay

النوع الثاني من protection يسمى بال "High Impedance voltage differential relay"
وهذا الريلاي بيشتغل بال "Volt" وليس بالتيار، وبيستخدم لوتيار ال "S.C" عالى

* it's recommended To be used in a network having high s.c level.



! EHV ⟹ Extra High Voltage

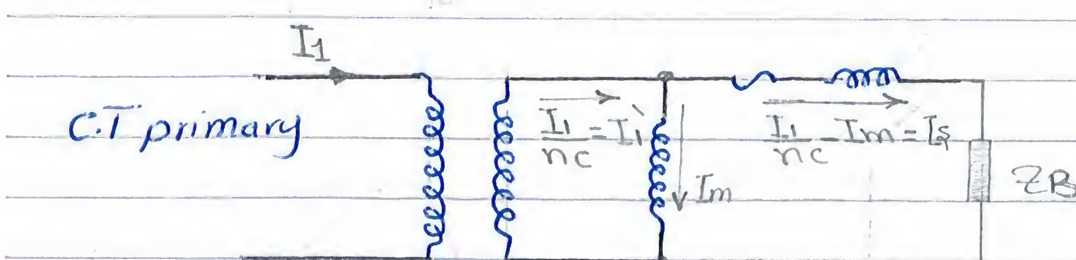
Even with The use of percentage differential relays, The problem of The completely saturated C.T for a close-in external fault still exists.
To overcome This problem The most commonly used bus differential relay, particularly on EHV! buses is The " High-impedance voltage differential relay " This relay design circumvents The effects of C.T saturation during external faults by assuming complete saturation For The worst external fault and calculating The error voltage across The operating coil The relay (تميز) discriminates between internal and external faults by The relative magnitudes of The voltage across The differential junction points.

- هذه الدائرة السابقة تستخدم لحل مشكلة " C.T saturation " عند حدوث External fault
ولها Variable resistor إما أن تكون دالة في الجهد f(V) أو دالة في التيار f(I)
يعني لو الجهد زاد فإن المقاومة تقل ولما الجهد يقل المقاومة تزداد.

يعني لما الجهد يزيد هذه المقاومة هتكون " short circuit " وبالتالي التيار سوف يمر في
الـ " over current relay " ونتيجة لذلك فإن الريلاي سوف يعمل.

The "L-C" circuit in series with The over voltage relay is tuned to "60 Hz" To prevent The over voltage relay from mis-operating on dc offset or harmonics. since This circuit would reduce The speed of operation of The relay.
أما بالنسبة للـ " L.C " هذه الدائرة تمنع الـ DC-offset وكذلك Harmonics
أي الذي يمر للـ " over voltage relay " هي الـ Fundamental compon. فقط.

ملحوظة



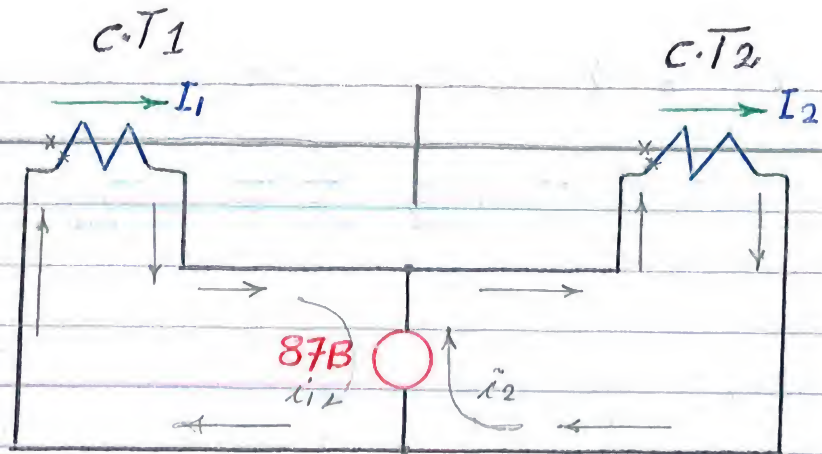
" Current Transformer circuit "

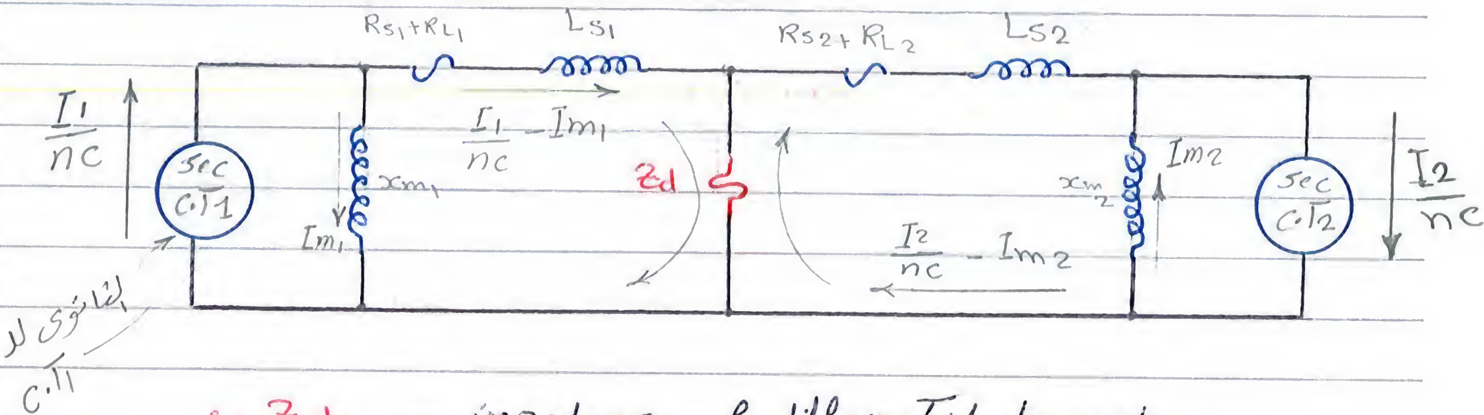
$$\therefore \frac{I_1}{n_c} = I_s + I_m$$

At Normal operation

عند التشغيل العادي

$(n_{c1} = n_{c2} = n_c)$





∴ Z_d → impedance of differential branch.

∴ R_s → C.T dc winding and lead resistance.

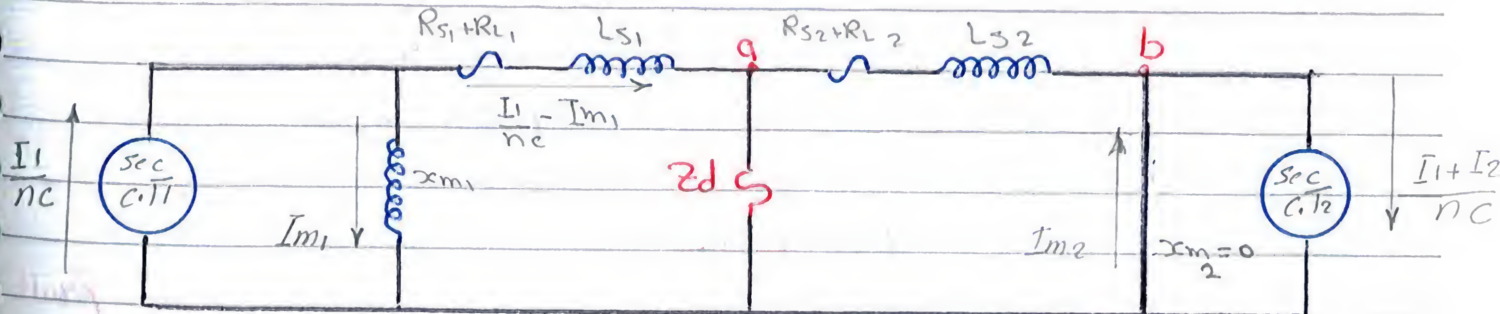
∴ R_L → C.T cable dc resistance.

∴ X_m → C.T excitation reactance.

$$\therefore i_d = \frac{I_1}{n_c} - I_{m1} - \frac{I_2}{n_c} + I_{m2} \cong \text{zero.}$$

التيار سوف يمر في الـ loop الخارجي فقط وتكون محصلة التيار في " Zd " تقريباً تساوي صفر وبالتالي تكون الجهد عليها تقريباً يساوي صفر وبالتالي الريلاي مش هيشتغل

∴ لو فرضنا أن محول التيار " C.T2 " حصله تشبع فإن التيار كله سوف يمر في دائرة المغنطة وأيضاً الجهد على الريلاي تقريباً أيضاً يساوي صفر " أي المقاومة لقليل " وكذلك الريلاي لا يعمل وبالتالي علشان أجيب الـ " setting " بتاع الريلاي نفرض أن الـ CT حصله تشبع.



Setting of The relay based on C.T saturation.

$$\therefore U_{setting} > 2 * U.D_{ab}$$

In case of internal Fault

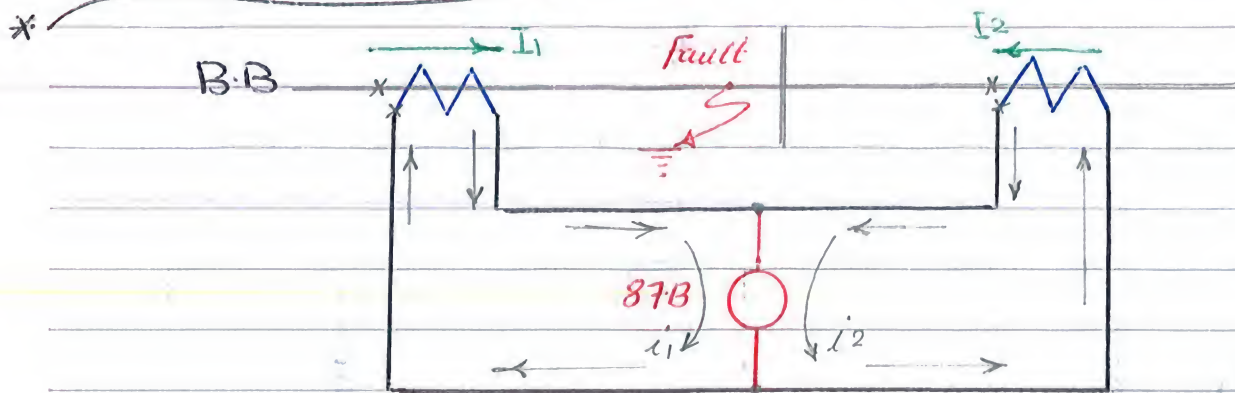
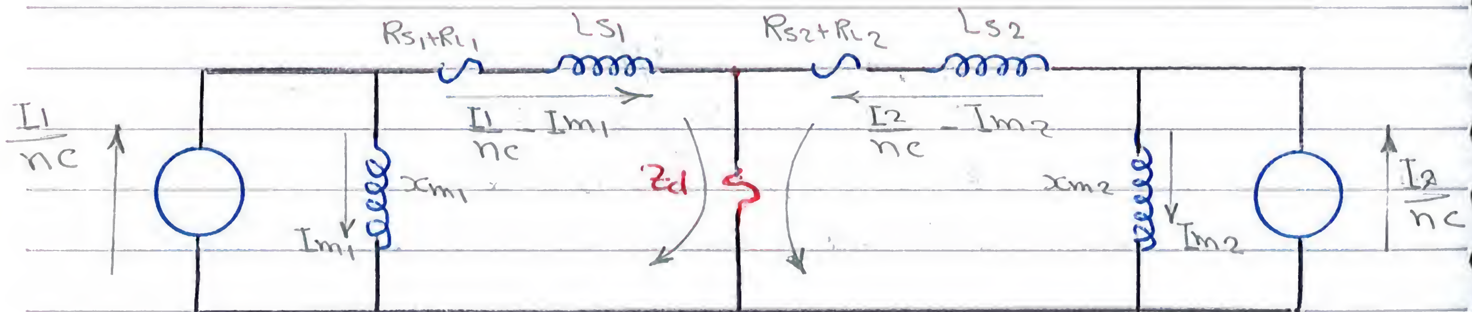


FiG " Bus Bar Internal Fault condition "



التيار " I_2 " هينعكس عندما يكون هناك عطل داخلي على البارة وبناءً عليه فإن التيار سوف يفيض للريلاي وبالتالي الريلاي سوف يعمل نتيجة العطل.

$$\therefore I_d = \frac{I_1}{x} - I_{m1} + \frac{I_2}{n_c} - I_{m2} \simeq \frac{I_1}{n_c} + \frac{I_2}{n_c} \simeq I_{s.c}$$

تيار الـ s.c كله دخل للريلاي وبالتالي الجهد سوف يزداد وبالتالي الريلاي سوف يعمل.

Ex(9-2). Given The equivalant Circuit shown in The next Figure for an External and internal Fault. The voltage across " 87B " is.

$$I_{tot} * R_{lead}$$

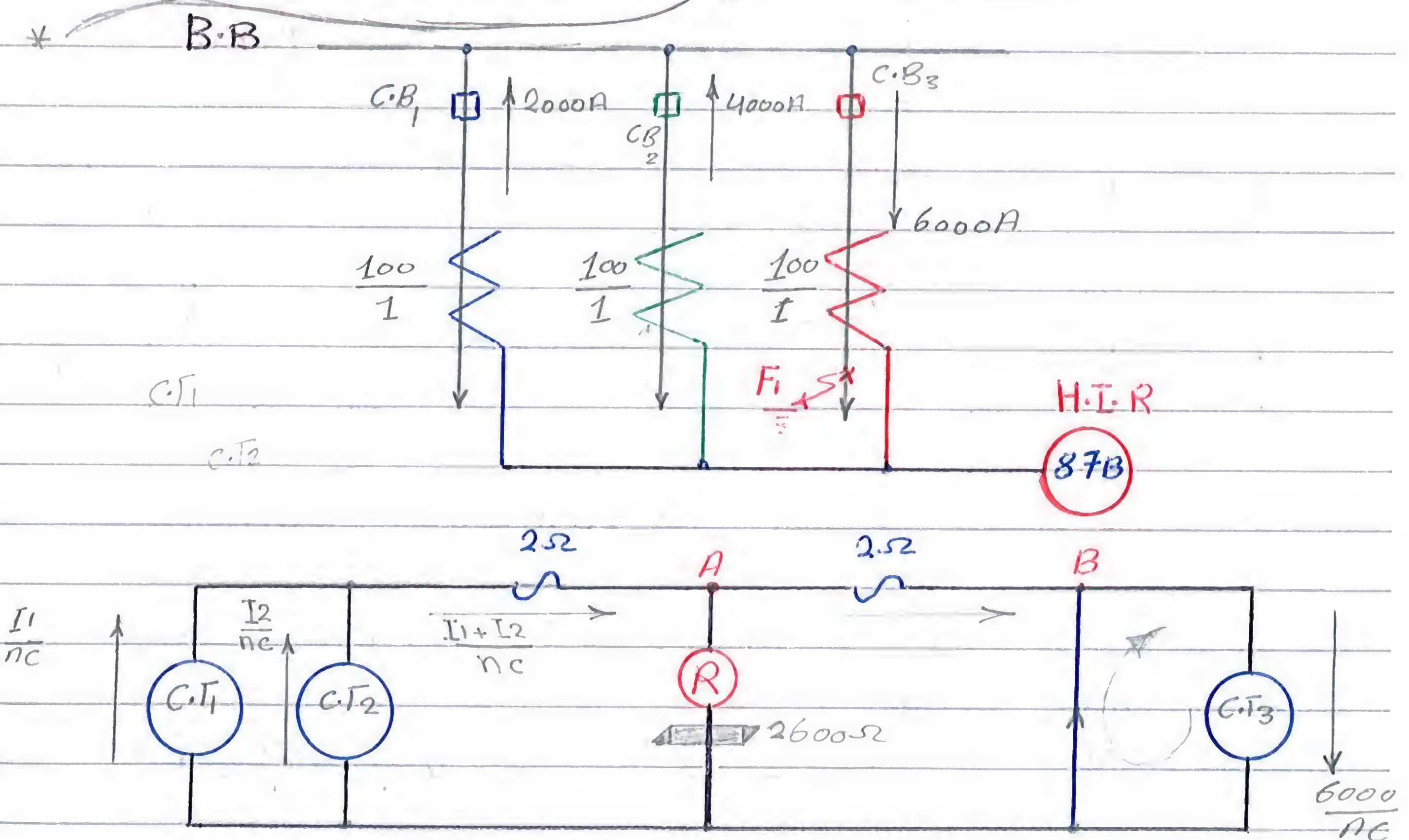
Find The relay setting and The voltage across The relay during an internal fault

∴ C.T ratio = 100/1 , $R_{leads} = 2\,\Omega$, $R_d = 2600\,\Omega$

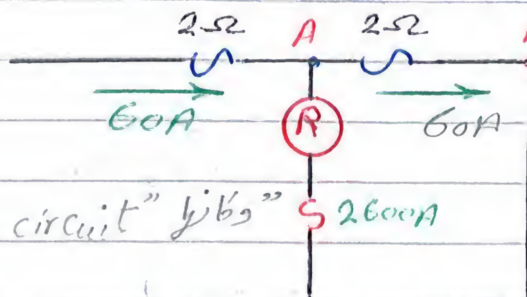
أولاً . متى يتم حساب " setting voltage For This relay " فإنه لابد من عمل " saturation " لأحد محولات التيار " C.T " لماذا ؟

لأننا نخاف في هذه الحالة فقط أن يعمل الريلاي عند حدوث الخطأ فعند عمل setting نفترض أسوأ حالة وهي أن يحدث " external fault " ثم تعيد الجهد الواقع عليه في هذه الحالة ثم نضع الـ setting = 2 * قيمة هذا الجهد حتى نضمن عدم عمله إطلاقاً في هذه الحالة .

During An external Fault "F₁"



$$\therefore \frac{2000+4000}{100} = \frac{6000}{100} = 60\,A$$

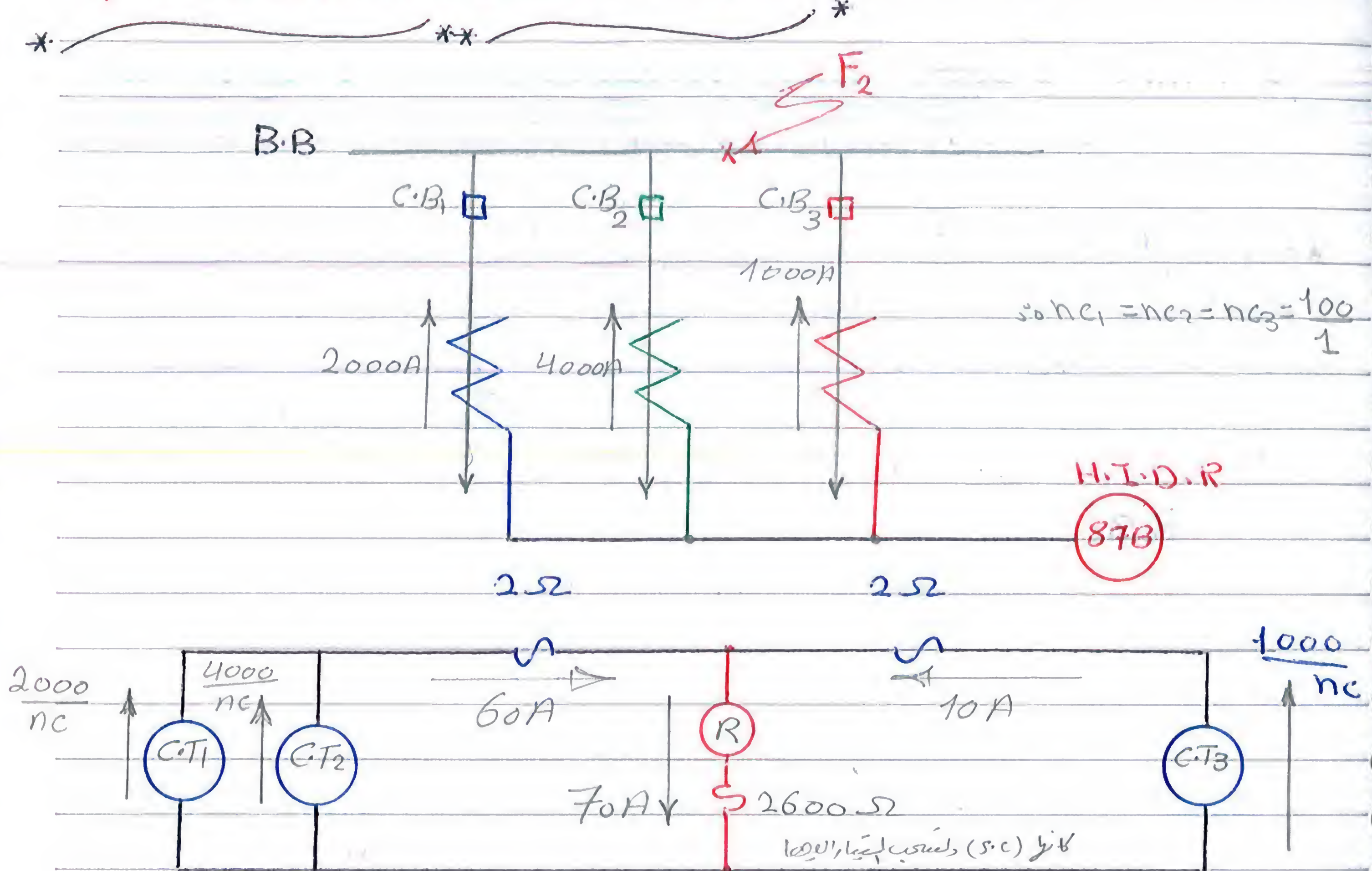


∴ The voltage across the relay during C.T saturation

$V_{AB} = 60 * 2 = 120$ Volt

∴ The over voltage Relay (59) setting = 2 * 120 = 240 Volt.

For an Internal fault " F_2 "



∴ The voltage across The relay $= 70 * 2600 = 182\,kV$

The variable resistor is used to limit the voltage by reducing the resistor.

"High voltage" أى نلعب بالمقاومة المتغيرة دوراً مهماً جداً فى حماية الرلاي ضد الـ

المشتغلين بيحصل فى الـ "C.T" بيحصل فى القلب الحديدى "Core" وحتى يتم (معلومة)

تجنب عليه المشتغلين تم عمل رلاي يسمى بالـ "linear Coupler diff. relay"

C.T ⟶ without core.

"Medium" يستخدم الهواء كوسط الـ

مطعل (GIS) ← 110 KV (Breaker + Bus Bar)

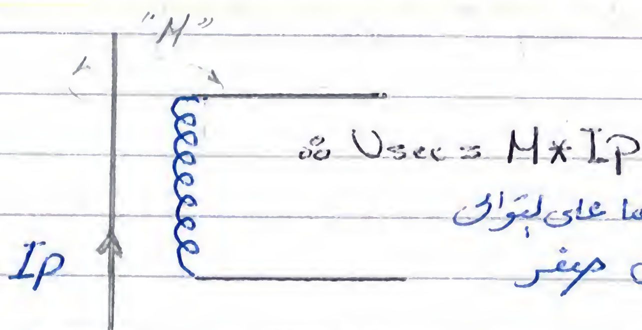
تكلف 2.4 Million R.S يعنى ← L.E ⇐ $1.6 * 2.4$

ريال سعودى

(9-6) linear Coupler for a voltage differential relay.

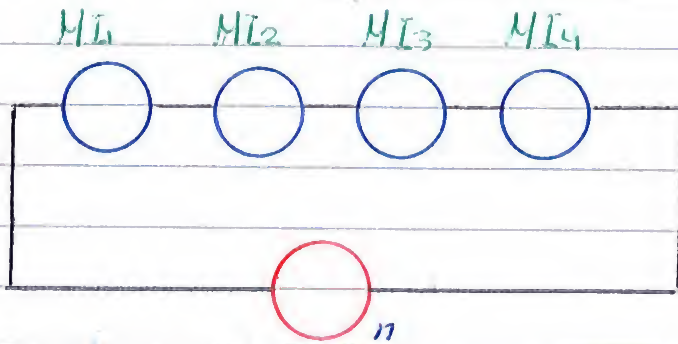
This system uses linear Couplers " Air Core mutual reactors " in place of Conventional iron core C.Ts. " يستخدم الهواء بدلاً من القلب الحديدي التقليدي "

They have linear characteristics and produce a secondary voltage that is proportional to the primary current, the secondaries of the linear Couplers are connected in series.



$\therefore V_{sec} = M * I_p$

* توصيل ال linear Coupler مع بعضها على التوالي بحيث يكون مجموع الجهود يساوي صفر



At normal condition.

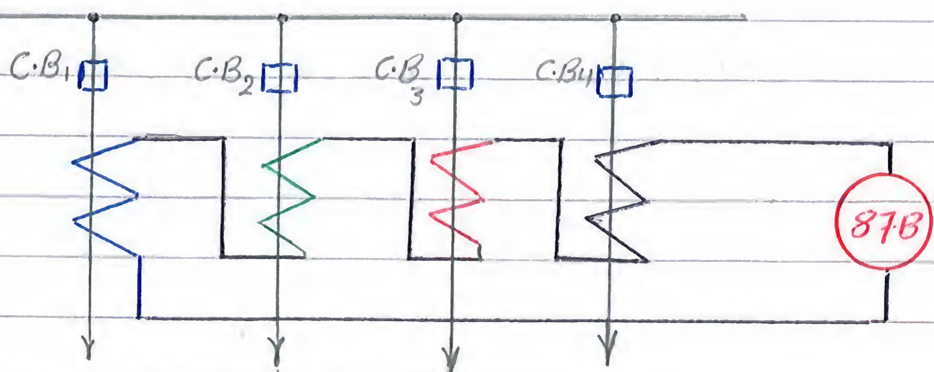
مجموع الجهود = صفر
وبالتالي لا يعمل الريلاي

At internal fault.

$$\therefore V = \sum_{i=1}^{n} M I_{p_i}$$

يكون مجموع الجهود له قيمة وبالتالي يعمل الريلاي.

Connection of Differential relaying with linear Coupler.



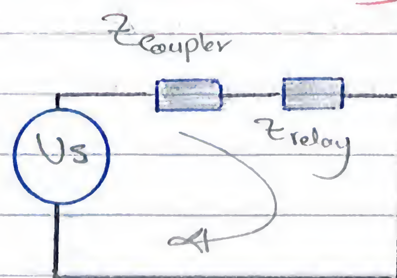
Example (9-3) . The performance of a relay connected to a linear
———————— Coupler is determined as follows.

$\therefore V_{sec} = I_{pri} * M$

where . $M \rightarrow$ is The mutual impedance of The Coupler and is specified by The manufacturer . Assume That's equal To " 0.005 at 60 HZ"

For an internal fault The relay Current is determined by

$$\therefore I_{relay} = \frac{V_{sec}}{Z_{relay} + Z_{coupler}}$$



$Z_{coupler} = 30 + j45\ \Omega$

$Z_{relay} = 55 + j20$

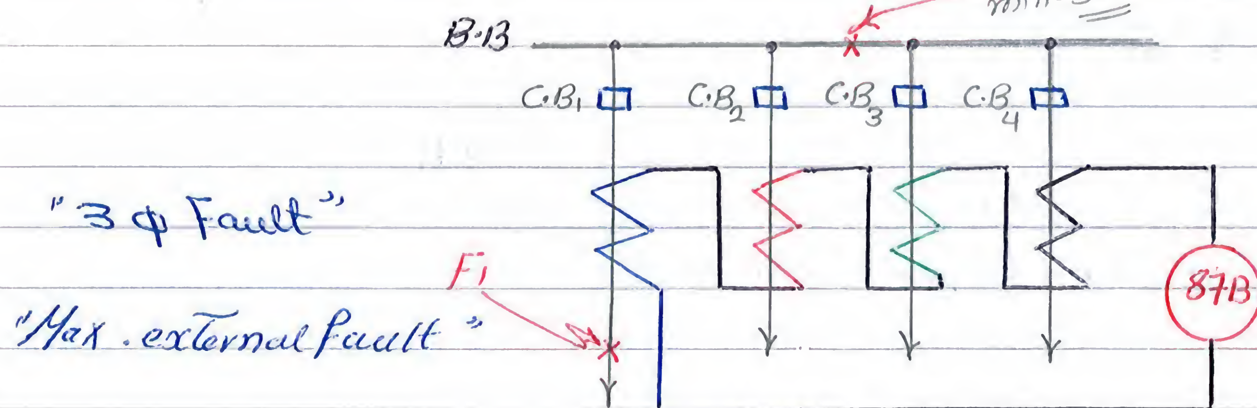
The ratio between " Max. external fault To min. internal fault equal = (25)

$$\frac{I_{max(external)}}{I_{min(internal)}} = 25$$

(Given)

max. external fault = 20000 A = 20 KA

min. internal fault = 2000 A = 2 KA



$I_{primary}$ for min Current $= \frac{20000}{25} = 800\ A$

$\therefore V_{sec} = M * I_{pri} = 0.005 * 800 = 4$ Volt.

$$\therefore I_{relay} = \frac{V_{sec}}{Z_{rel} + Z_{coup}} = \frac{4}{107} = 0.037 \text{ amp}$$

I_{relay} "pick up" = 37 mA